

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-317360  
 (43)Date of publication of application : 16.11.2001

(51)Int.Cl. F02B 23/02  
 F02B 19/16  
 F02B 23/06  
 F02M 27/04  
 F02M 51/06  
 F02M 61/16  
 F02P 23/04

(21)Application number : 2000-132450  
 (22)Date of filing : 01.05.2000

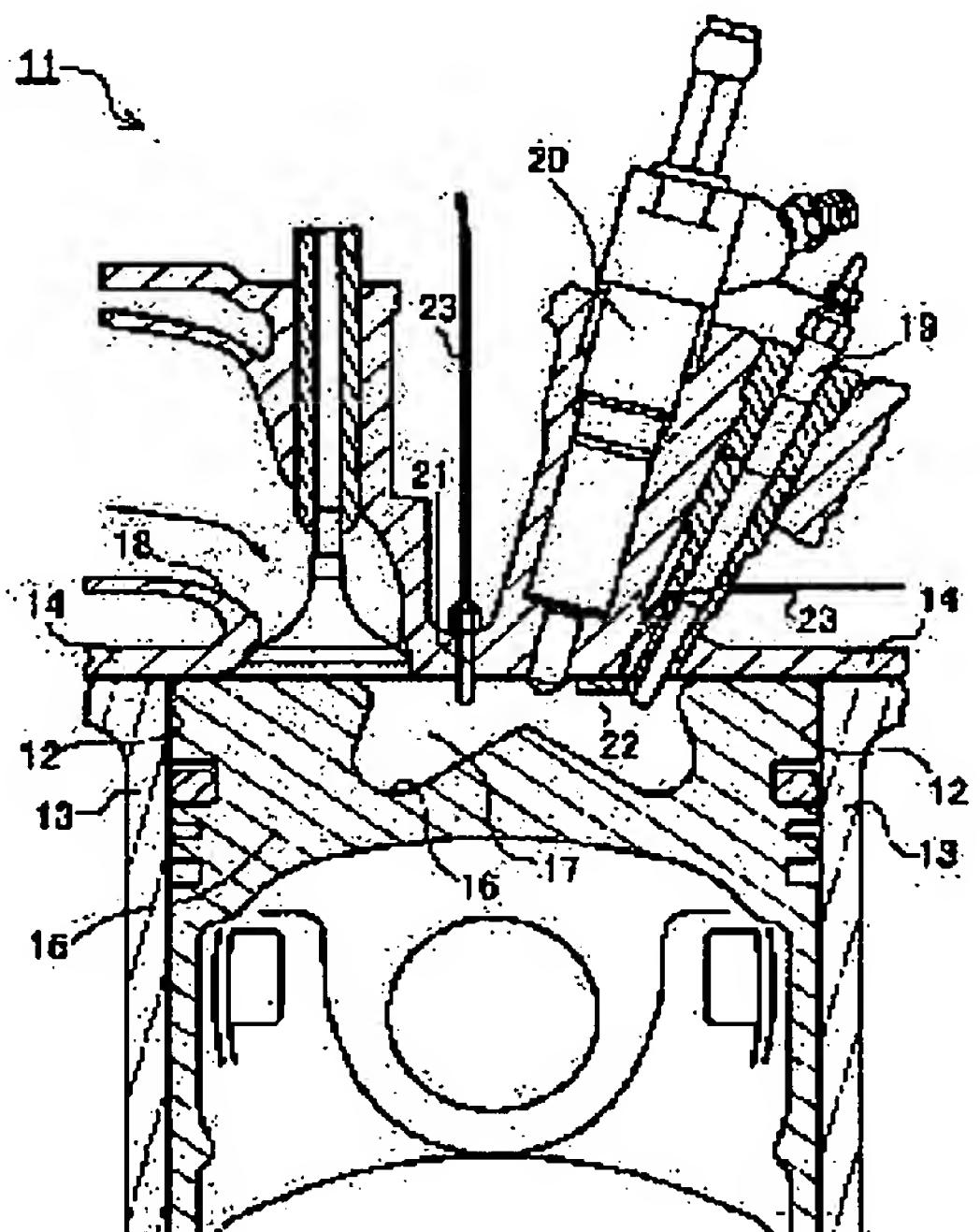
(71)Applicant : NAGANO SHIGERU  
 (72)Inventor : NAGANO SHIGERU

## (54) DIESEL ENGINE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a diesel engine reducing the particulate material(PM) in exhaust gas by creating the condition to accelerate a combustion reaction in a combustion chamber or the like by utilizing plasma, and shortening the afterburning period peculiar to the diesel engine.

**SOLUTION:** This diesel engine 11 is provided with a combustion chamber 17 (or sub-combustion chamber) and a fuel injection nozzle 20 injecting fuel toward the combustion chamber 17 (or sub-combustion chamber), and the fuel from the fuel injection nozzle 20 is burned in the combustion chamber 17 (or sub-combustion chamber). The diesel engine 11 is provided with discharge electrodes 21 and 22 for generating electric discharges in the combustion chamber 17 (the sub-combustion chamber or the fuel passage of the fuel injection nozzle).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The diesel power plant characterized by having the combustion chamber established in the cylinder in which the piston was held possible [ reciprocation ], or said piston and a cylinder, and the fuel injection nozzle which injects a fuel towards this combustion chamber, and having further the 1st plasma developmental mechanics which generates discharge in said combustion chamber where the fuel was injected from said fuel injection nozzle in the diesel power plant the fuel from this fuel injection nozzle was made to burn in said combustion chamber.

[Claim 2] The main combustion chamber established in the cylinder in which the piston was held possible [ reciprocation ], or said piston and a cylinder, In the diesel power plant is equipped with the secondary combustion chamber opened for free passage by this main combustion chamber by the interconnecting catwalk, and the fuel injection nozzle which injects a fuel towards this secondary combustion chamber, and the fuel from this fuel injection nozzle was made to burn in said secondary combustion chamber The diesel power plant characterized by having further the 1st plasma developmental mechanics which generates discharge in said secondary combustion chamber by which the fuel was injected from said fuel injection nozzle.

[Claim 3] Said 1st plasma developmental mechanics is a diesel power plant according to claim 1 or 2 characterized by being a thing equipped with the 1st plasma generator which is electrically connected with at least the discharge electrode of the pair which estranged mutually to said combustion chamber or secondary combustion chamber, and has been arranged, and one side of both discharge electrodes, and impresses the high voltage among both discharge electrodes.

[Claim 4] The diesel power plant characterized by having the fuel injection nozzle which has the nozzle hole which injects a fuel in the shape of a fog, and the fuel path which leads the fuel from a fuel-supply means to said nozzle hole, and having further the 2nd plasma developmental mechanics which generates discharge at said fuel path where the fuel injected from said nozzle hole passes the fuel from this fuel injection nozzle in the diesel power plant it was made to burn.

[Claim 5] Said 2nd plasma developmental mechanics is a diesel power plant according to claim 4 characterized by being a thing equipped with the 2nd plasma generator which is electrically connected with the discharge electrode of the pair which estranged mutually to the tube wall of said fuel path, and has been arranged, and both discharge electrodes, and impresses high-frequency voltage among both discharge electrodes.

[Claim 6] The diesel power plant according to claim 3 or 5 by which it is having-further-fuel-injection detection means [ to detect the fuel-injection condition by said fuel injection nozzle ], and plasma control means which makes detection of the injection initiation by this fuel-injection detection means impression start condition to said discharge electrode characterized.

[Claim 7] Said plasma control means is a diesel power plant according to claim 6 characterized by being what changes the electrical potential difference impressed to said discharge electrode according to the detection result of the injection quantity by said fuel-injection detection means.

[Claim 8] Said 2nd plasma developmental mechanics is a diesel power plant according to claim 4 characterized by being a thing equipped with the discharge coil prepared in the tube wall of said fuel path, and the 2nd plasma generator which is electrically connected with the both ends of this discharge coil, and energizes the high frequency current to this discharge coil.

[Claim 9] The diesel power plant according to claim 8 by which it is having-further-fuel-injection detection means [ to detect the fuel-injection condition by said fuel injection nozzle ], and plasma control means which makes detection of the injection initiation by this fuel-injection detection means energization start

condition to said discharge coil characterized.

[Claim 10] Said plasma control means is a diesel power plant according to claim 9 characterized by being what changes the current energized to said discharge coil according to the detection result of the injection quantity by said fuel-injection detection means.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]**

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the diesel power plant using a plasma generator.

[0002]

[Description of the Prior Art] Since the diesel power plant is excellent in that specific fuel consumption is low and endurance compared with the gasoline engine, it is widely used for commercial vehicles, such as a truck and a bus. The main differences between a diesel power plant and a gasoline engine are in a combustion system, and a gasoline engine injects and carries out self-ignition of the fuel into the compressed elevated-temperature air by the diesel power plant to carrying out the forced ignition of the gaseous mixture of a fuel and air by the spark. Moreover, a diesel power plant adjusts the fuel quantity injected into a cylinder, and is controlling the output, and an air-fuel ratio (weight ratio of air and a fuel) changes with loads a lot. For this reason, if a rapid load is applied, the combustion in a cylinder cannot follow that load, but in case it is combustion explosion of a fuel, the incomplete combustion by fuel oversupply or air deficiency will become easy to generate it. If a fuel burns with such a condition, without combustion fulfilling demand and it remains, a black smoke (soot) will be generated through a complicated reaction. Many particulate matter (PM) which uses this black smoke as a principal component is contained in the combustion gas of a diesel power plant.

[0003] The graph with which the fuel injection of a diesel power plant and the condition of combustion (heat rate) were expressed to drawing 7 is shown. In combustion of a diesel power plant, first, fuel injection starts in connection with inhalation of the air into a cylinder, and the pressure buildup in a cylinder, and evaporation diffusion of a fuel generates a combustible gas mixture. This phase is the ignition-delay period T1. Then, self-ignition happens to coincidence mostly by several places of this combustible gas mixture, and a combustible gas mixture burns quickly. This phase is called the premixed combustion period T2. Furthermore, since a fuel is injected towards the gas under combustion, combustion is performed intermittently and it becomes diffusive-burning period T3. Since there is combustion of the fuel which still burned and remained also after fuel injection is completed, heat release continues for a while. This is called afterburning period T four.

[0004] these periods in combustion of a diesel power plant -- its attention should be paid -- it is afterburning period T four. That is, it is because combustion of afterburning period T four has taken other ignition-delay periods T1, the premixed combustion period T2, and time amount longer than each period of diffusive-burning period T3. It is thought that the particulate matter which originates in the fuel oversupply and air deficiency to a combustion chamber, and is generated at the time of load up of a diesel power plant is produced in this afterburning period T four.

[0005] The particulate matter in the combustion gas discharged from a diesel power plant is made into the key factor of suspended particulate matter (SPM) generating in the atmospheric air which itself may cause pulmonary problems and attracts attention about the effect on the body in recent years. For this reason, the measures against reduction of particulate matter are taken the main technical problem of a diesel-power-plant improvement technique with the cure against reduction of nitrogen oxides (NOx). the conventional reduction cure technique is roughly classified into three -- having -- respectively -- fuels, such as the cetane number, -- after treatment (conventional technique 3), such as decomposition by an improvement (conventional technique 1) of description, amelioration of a combustion chamber or an improvement (conventional technique 2) of combustion by high-pressure-izing and atomization of fuel injection, and the oxidation catalyst of a combustion gas component or removal with a filter, is mentioned.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, with the above-mentioned conventional techniques 1-3, it has not been improved about the badness of the responsibility of the combustion reaction which is the fault of a diesel power plant, i.e., the length of an afterburning period, but the above-mentioned conventional techniques 1-3 had become the form of following altogether.

[0007] Therefore, this invention makes it a technical problem to offer the diesel power plant it was made to raise the responsibility of combustion while reducing the particulate matter in the combustion gas which originates in the cinder of a fuel by making the conditions which promote a combustion reaction to a combustion chamber, and shortening an afterburning period peculiar to a diesel power plant.

[0008]

[Means for Solving the Problem] The 1st invention according to claim 1 is equipped with the combustion chamber established in the cylinder in which the piston was held possible [reciprocation], or said piston and a cylinder, and the fuel injection nozzle which injects a fuel towards this combustion chamber, and is further equipped with the 1st plasma developmental mechanics which generates discharge in said combustion chamber where the fuel was injected from said fuel injection nozzle in the diesel power plant the fuel from this fuel injection nozzle was made to burn in said combustion chamber.

[0009] According to the 1st above-mentioned invention, in actuation of a direct injection diesel power plant, a fuel is injected by the combustion chamber and generates gaseous mixture with air. This gaseous mixture is compressed like the rise line of a piston, serves as an elevated temperature, and burns by self-ignition. The plasma is produced when the 1st plasma developmental mechanics generates discharge from this fuel injection in a combustion chamber in the case of combustion by self-ignition. then, gaseous mixture -- an inner fuel is charged and is ionized. Thus, if a fuel is charged and is ionized, since the combustion reaction will be promoted, time amount until a combustion reaction is started by self-ignition, and the time amount taken to complete the combustion reaction are shortened. Consequently, the combustion efficiency of a fuel improves compared with the conventional direct injection diesel power plant, and generation of the black smoke resulting from the cinder of a fuel is reduced.

[0010] The cylinder held by the 2nd invention according to claim 2 possible [reciprocation of a piston], The main combustion chamber established in either said piston and the cylinder, In the diesel power plant is equipped with the secondary combustion chamber opened for free passage by this main combustion chamber by the interconnecting catwalk, and the fuel injection nozzle which injects a fuel towards this secondary combustion chamber, and the fuel from this fuel injection nozzle was made to burn in said secondary combustion chamber It has further the 1st plasma developmental mechanics which generates discharge in said secondary combustion chamber by which the fuel was injected from said fuel injection nozzle.

[0011] According to the 2nd above-mentioned invention, in actuation of an accessory cell type diesel power plant, a fuel is injected by the secondary combustion chamber and generates gaseous mixture with air. This gaseous mixture is compressed like the rise line of a piston, serves as an elevated temperature, and burns by self-ignition. The plasma is produced when the 1st plasma developmental mechanics generates discharge in a secondary combustion chamber from this fuel injection in the case of combustion by self-ignition. then, gaseous mixture -- an inner fuel is charged and is ionized. Thus, if a fuel is charged and is ionized, since the combustion reaction will be promoted, time amount until a combustion reaction is started by self-ignition, and the time amount taken to complete the combustion reaction are shortened. Consequently, the combustion efficiency of a fuel improves compared with the conventional accessory cell type diesel power plant, and generation of the black smoke resulting from the cinder of a fuel is reduced.

[0012] In addition to the configuration of the 1st or the 2nd invention, said 1st plasma developmental mechanics is electrically connected with at least the discharge electrode of the pair which estranged mutually to said combustion chamber or secondary combustion chamber, and has been arranged, and one side of both discharge electrodes, and the 3rd invention according to claim 3 is equipped with the 1st plasma generator which impresses the high voltage among both discharge electrodes.

[0013] According to the 3rd above-mentioned invention, the 1st plasma generator impresses the high voltage to a discharge electrode, and generates discharge in a combustion chamber or a secondary combustion chamber. the plasma according to corona discharge in the perimeter of the discharge electrode by this -- generating -- consequently, a combustion chamber or a secondary combustion chamber -- gaseous mixture -- an inner fuel is charged in the same polarity as the discharge electrode, and is ionized.

[0014] The 4th invention according to claim 4 is equipped with the fuel injection nozzle which has the nozzle hole which injects a fuel in the shape of a fog, and the fuel path which leads the fuel from a fuel-supply means to said nozzle hole, and is further equipped with the 2nd plasma developmental mechanics

which generates discharge at said fuel path where the fuel injected from said nozzle hole passes the fuel from this fuel injection nozzle in the diesel power plant it was made to burn.

[0015] According to the 4th above-mentioned invention, in actuation of a diesel power plant, if a fuel is injected by the fuel injection nozzle, gaseous mixture with air will be generated. This gaseous mixture is compressed like the rise line of a piston, serves as an elevated temperature, and burns by self-ignition. When the 2nd plasma developmental mechanics discharges at the fuel path in a fuel injection nozzle in the case of this fuel injection, the fuel which passes through that fuel path is electrified. Thus, since ionization of a fuel will be promoted and the combustion reaction will be promoted in case gaseous mixture is generated if the fuel in front of injection is charged, time amount until a combustion reaction is started by self-ignition, and the time amount taken to complete the combustion reaction are shortened. Consequently, the combustion efficiency of a fuel improves compared with the conventional diesel power plant, and generation of the black smoke resulting from the cinder of a fuel is reduced.

[0016] In addition to the 4th configuration of invention, said 2nd plasma developmental mechanics is electrically connected to the tube wall of said fuel path between the discharge electrode of the pair which estranged mutually and has been arranged, and both discharge electrodes, and the 5th invention according to claim 5 is equipped with the 2nd plasma generator which impresses high-frequency voltage to both discharge electrodes.

[0017] According to the 5th above-mentioned invention, the 2nd plasma generator impresses high-frequency voltage to a discharge electrode, and generates discharge at the fuel path of a fuel injection nozzle. consequently, the fuel which passes through the inside of this fuel path -- being charged -- the gaseous mixture after injection -- ionization of the fuel in a generate time is promoted.

[0018] In addition to the configuration of the 3rd or the 5th invention, the 6th invention according to claim 6 is further equipped with a fuel-injection detection means to detect the fuel-injection condition by said fuel injection nozzle, and the plasma control means which makes detection of the injection initiation by this fuel-injection detection means the impression start condition to said discharge electrode.

[0019] If the injection initiation by the fuel injection nozzle is detected by the fuel-injection detection means according to the 6th above-mentioned invention, the 1st or 2nd plasma generator will start impression of the high voltage to a discharge electrode. Thereby, discharge is exactly generated to a fuel just before being injected or injected by a combustion chamber or the secondary combustion chamber by the fuel injection nozzle.

[0020] In addition to the 6th configuration of invention, the 7th invention according to claim 7 changes the electrical potential difference which impresses said plasma control means to said discharge electrode according to the detection result of the injection quantity by said fuel-injection detection means.

[0021] Detection of the fuel quantity which is injected by the fuel injection nozzle with a fuel-injection detection means according to the 7th above-mentioned invention changes into the value according to injection fuel quantity the electrical potential difference impressed to a discharge electrode corresponding to the injection fuel quantity. Thereby, the plasma of the reinforcement corresponding to injection fuel quantity occurs, and ionization of the fuel is performed efficiently.

[0022] In addition to the 4th configuration of invention, said 2nd plasma developmental mechanics is electrically connected with the both ends of the discharge coil prepared in the tube wall of said fuel path, and this discharge coil, and the 8th invention according to claim 8 is equipped with the 2nd plasma generator which energizes the high frequency current to this discharge coil.

[0023] According to the 8th above-mentioned invention, the 2nd plasma generator energizes the high frequency current to a discharge coil, and discharge is generated according to induced electromotive force at the fuel path of a fuel injection nozzle. consequently, the fuel which passes through the inside of this fuel path -- being charged -- the gaseous mixture after injection -- ionization of the fuel in a generate time is promoted.

[0024] In addition to the 8th configuration of invention, the 9th invention according to claim 9 is further equipped with a fuel-injection detection means to detect the fuel-injection condition by said fuel injection nozzle, and the plasma control means which makes detection of the injection initiation by this fuel-injection detection means the conditions of the energization initiation to said said discharge coil.

[0025] If the injection initiation by the fuel injection nozzle is detected by the fuel-injection detection means according to the 9th above-mentioned invention, the 2nd plasma generator will start energization of the high frequency current to a discharge coil. Thereby, discharge is exactly generated to a fuel just before being injected by the fuel injection nozzle.

[0026] In addition to the 9th configuration of invention, the 10th invention according to claim 10 changes

the current which energizes said plasma control means to said discharge coil according to the detection result of the injection quantity by said fuel-injection detection means.

[0027] Detection of the fuel quantity which is injected by the fuel injection nozzle with a fuel-injection detection means according to the 10th above-mentioned invention changes into the value according to injection fuel quantity the current energized to a discharge coil corresponding to the injection fuel quantity. Thereby, the plasma of the reinforcement corresponding to injection fuel quantity occurs, and ionization of the fuel is performed efficiently.

[0028]

[Embodiment of the Invention] (The 1st operation gestalt) The 1st operation gestalt which materialized invention of the 1st, 3, 6, and 7 to the direct injection diesel power plant is hereafter explained based on drawing 1 -3.

[0029] As shown in drawing 1 , the principal part of the direct injection diesel power plant (only henceforth an "engine") 11 is constituted by the cylinder block 13 which has the cylinder 12 of plurality (drawing one), and the cylinder head 14 attached in the upper part. In each cylinder 12, the piston 15 is held possible [reciprocation] in the vertical direction, and the depression 16 of a cross-section omega (omega) typeface where the center section became shallower than the periphery section is formed in the crowning of the piston 15. The space surrounded by this depression 16 and cylinder head 14 constitutes the combustion chamber 17.

[0030] The cylinder head 14 is equipped with the inhalation-of-air path 18 for drawing air in a cylinder 12. The fuel injection nozzle 20 for injecting a fuel in the shape of a fog into the central part of a combustion chamber 17 is arranged at the cylinder head 14. Moreover, the glow plug 19 for assisting engine starting is formed in the part estranged a little from the fuel injection nozzle 20.

[0031] The discharge electrode of a pair which consists of cathode 21 and an anode plate 22 is further prepared in the inferior surface of tongue of the cylinder head 14. Cathode 21 is arranged so that a point may project [near the core of a combustion chamber 17], and it is electrically connected with the 1st plasma generator (refer to drawing 2 ) later mentioned with lead wire 23. The anode plate 22 is arranged in the part which counters cathode 21 on both sides of a fuel injection nozzle 20, and touch-down (ground) connection is made with lead wire 23.

[0032] As shown in drawing 2 , the equipment of the fuel-injection system 40 constituted considering the fuel injection pump 31 as a subject is attached to the engine 11. A fuel injection pump 31 is the format called an in-line pump, and is constituted by the feed pump 35, the pump body 36, the centrifugal spark advancer 37, and the timer 38. The fuel-injection system 40 supplies a fuel to an engine 11, and bears the work injected to a combustion chamber 17. The fuel of a fuel tank 32 is first sucked up with a feed pump 35, and after being filtered by the fuel filter 33, it is sent to a pump body 36. The plunger of the number of engine gas columns and the same number is built in the pump body 36, and a fuel is fed via an injection pipe 34 from each plunger to a fuel injection nozzle 20. At this time, the amount of supply of a fuel is adjusted by the centrifugal spark advancer 37 of a fuel injection pump 31, and a supply stage is adjusted by the timer 38. And as for the fed fuel, only an initial complement is injected by the fuel injection nozzle 20 in a combustion chamber 17, and the remainder is returned to a fuel tank 32. In addition, in drawing 2 , the engine 11 has the gas column of the injection pipe 34 connected to the pump body 36 in fact, and the same number (here six), although only one gas column is illustrated.

[0033] As mentioned above, the 1st plasma generator 24 is electrically connected to cathode 21. A dc-battery 25 and the plasma control unit 26 are connected to the 1st plasma generator 24, and the plasma control system 30 which bears generating and its control of the plasma is constituted. The 1st plasma generator 24 receives supply of the power source from a dc-battery 25, and impresses the high voltage to cathode 21. The plasma control unit 26 receives the signal from the accelerator opening sensor 27 and an oil pressure sensor 28, detects the injection condition of a fuel based on these signals, and controls the drive of the 1st plasma generator 24. The accelerator opening sensor 27 detects the opening Q of an accelerator pedal, and can use what is included in the automobile etc. from the first. An oil pressure sensor 28 detects \*\*\*\*\* P of the fuel in an injection pipe 34. Here, although what kind of type may be used as an oil pressure sensor 28, the pressure sensor of the Bourdon-tube mold with which it is generally known desirably that it is what can detect continuation change of \*\*\*\*\* P, a \*\* Lowe's mold, and a diaphragm mold is mentioned.

[0034] In actuation of the engine 11 mentioned above, air is inhaled from the inhalation-of-air path 18 in a combustion chamber 17, and a piston 15 goes two times between periods, i.e., 1 cycle, until combustion gas is discharged. Although this cycle consists of a charging stroke, a compression stroke, an expansion stroke, and four strokes like an exhaust air line as everyone knows, injection and combustion of a fuel are

performed in an expansion stroke from a compression stroke among these. Hereafter, the operation and effectiveness in this operation gestalt are explained focusing on these two strokes.

[0035] In a compression stroke, the air in a cylinder 12 is compressed by rise of a piston 15, and before crank angle theta becomes a top dead center (TDC), injection of a fuel is started. Evaporation diffusion of a fuel generates a combustible gas mixture, and it results in self-ignition after that. The period from this fuel injection to ignition is called ignition-delay period T1. The ignition-delay period T1 is further divided into a physical ignition delay and a chemical ignition delay. A physical ignition delay says a period until the injected fuel atomizes and evaporates, makes a combustible gas mixture and reaches the temperature which can light, and a chemical ignition delay starts a chemical reaction as the fuel which evaporated is heated, and it says generating of heat of reaction, and a period until it becomes a pressure higher than a compression flow and pressure requirement with a flame at a degree.

[0036] Self-ignition happens to coincidence mostly by several places of a combustible gas mixture, and this combustible gas mixture burns quickly. This phase is called the premixed combustion period T2.

Furthermore, since a fuel is injected towards the gas under combustion, combustion is performed continuously. This period is diffusive-burning period T3. Since there is a fuel which still burned and remained also after fuel injection is completed, heat release continues. This is the so-called afterburning period T four. If it is the former, the black smoke (soot) which is the principal component of the particulate matter (PM) discharged from a diesel power plant will be generated through a complicated reaction from the fuel which burned and remained in afterburning period T four from this diffusive-burning period T3.

[0037] On the other hand, with the engine 11 of this operation gestalt, in case a fuel is injected in the above-mentioned ignition-delay period T1 and gaseous mixture is generated, the 1st plasma generator 24 impresses the high voltage to the cathode 21 of a discharge electrode established in the combustion chamber 17, and discharges towards the anode plate 22 by which ground connection is carried out. In detail, the plasma control device 26 performs the plasma control routine shown in the flow chart of drawing 3.

[0038] In step S10, the necessity of a drive of the 1st plasma generator 24 is judged first. In detail, it judges whether the conveyance-of-oil pressure signal P of a fuel is larger than the predetermined value alpha. The predetermined value alpha is set as the value of \*\*\*\*\* (it is called an injection-valve opening pressure) required since fuel injection is started from a fuel injection nozzle 20. If these criteria are not fulfilled (i.e., if the fuel is not injected to a combustion chamber 17), step S10 will be repeated. On the other hand, if said criteria are fulfilled (i.e., if the fuel injection to a combustion chamber 17 is started), it will shift to step S20 and the drive of the 1st plasma generator 24 will be started.

[0039] Specifically based on the accelerator opening signal Q and the conveyance-of-oil pressure signal P of a fuel, the 1st plasma generator 24 is controlled to the fuel quantity injected into a combustion chamber (judged) to generate the plasma of the optimal reinforcement. The high voltage needed for generating the plasma of predetermined reinforcement in detail is impressed to the cathode 21 of a discharge electrode. Thereby, corona discharge occurs and the plasma is produced from cathode 21 in a combustion chamber 17. then, the same polar ion as the perimeter of cathode 21 -- full -- gaseous mixture -- an inner fuel is charged and is ionized.

[0040] At the following step S30, the necessity of drive termination of the 1st plasma generator 24 is judged. In detail, the conveyance-of-oil pressure signal P of a fuel judges whether it is below the predetermined value beta. The predetermined value beta is set as the value of \*\*\*\*\* (it is called an injection-valve closing pressure) in case the fuel injection from a fuel injection nozzle 20 is completed. If these criteria are not fulfilled (i.e., if the fuel injection to a combustion chamber 17 is continuing), in step S20, drive control of the 1st plasma generator 24 will be continued. On the other hand, if said criteria are fulfilled (i.e., if the fuel injection to a combustion chamber 17 is completed), it will shift to the following step S40, the drive of the 1st plasma generator 24 will be stopped, and a plasma control routine will be ended.

[0041] In said plasma control routine, if the fuel injection to a combustion chamber 17 is started, since impression of the high voltage will be started from the 1st plasma generator 24 to cathode 21, discharge can be exactly generated towards the injected fuel.

[0042] moreover, the thing made to increase plasma reinforcement even when the applied voltage to cathode 21 was fluctuated according to the detection result of the injection quantity, the load of an engine 11 becomes high since it is the method which controls the reinforcement of the plasma to generate, and many fuels are injected by the combustion chamber 17 -- the gaseous mixture -- it can be charged efficiently and an inner high-concentration fuel can be made to ionize

[0043] By the way, a combustion reaction will be the oxidative degradation by the oxygen of the quality of a combustible, if it puts in another way. Generally, if the target matter is beforehand ionized on the occasion

of the chemical reaction, the time amount which the reaction takes will be shortened. If the quality of a combustible is ionized also in the combustion reaction from this, it will be thought that the reaction can be performed efficiently. for this reason, the inside of a combustion chamber 17 -- gaseous mixture -- if an inner fuel is ionized -- the ignition-delay period T1 -- while the time amount of a chemical ignition delay is especially shortened and self-ignition concentrates and happens, a subsequent combustion reaction also comes to advance promptly. Consequently, combustion explosion of a fuel is promoted and combustion of most injected fuels is completed by diffusive-burning period T3. Therefore, the phenomenon in which a cinder and a combustion reaction are extended for many fuels stops being able to happen easily to afterburning period T four like the conventional engine.

[0044] Thus, according to this operation gestalt, the combustion period of an engine 11, and since afterburning period T four is especially shortened, the black smoke generated by the cinder of a fuel is reduced, and the discharge of the particulate matter which uses this black smoke as a principal component can be reduced sharply.

[0045] Moreover, in the engine which has generally obtained driving force by combustion explosion of a fuel, a combustion period governs that engine performance, and improvement in thermal efficiency and the improvement effect of combustion stability are acquired, so that this combustion period is shortened. In this operation gestalt, as mentioned above, since a combustion reaction is centralized by compaction of afterburning period T four for a short time, it will be in the combustion condition similar to a gasoline engine, and the high increase in power of a diesel power plant and improvement in responsibility can be aimed at.

[0046] Furthermore, according to this operation gestalt, since the thermal efficiency and combustion stability of an engine 11 improve, rather than the conventional diesel power plant, a compression ratio is made low a little and the thing of it can be carried out. Thereby, vibration and the noise peculiar to a diesel power plant can be reduced. furthermore, the thing for which component parts of the circumference of a cylinder 12, such as a piston 15 and a crankshaft (illustration abbreviation), are lightweight-ized by stopping a compression ratio low -- it can do -- in addition -- and the badness which is the fault of the conventional diesel power plant and where it blows up is improvable from the inertia weight of each part article becoming small.

[0047] In addition, in this operation gestalt, it is possible lightweight and to use as a compact the device which constitutes the plasma control systems 30, such as above-mentioned discharge electrodes 21 and 22, the above-mentioned 1st plasma generator 24, etc. Furthermore, since these devices are not accompanied by mechanical drive, they cannot be easily influenced to vibration of a diesel power plant. For this reason, comparatively easily [ extension / equipment ], the increase of cost can be suppressed as much as possible, and can be performed.

[0048] (The 2nd operation gestalt) Next, the 2nd operation gestalt which materialized invention of the 2nd, 3, 6, and 7 to the vortex-chamber type diesel power plant which is a kind of an accessory cell type diesel power plant is explained based on drawing 4. The 2nd operation gestalt differs in the installation location of a discharge electrode and a fuel injection nozzle etc. from the above-mentioned 1st operation gestalt.

[0049] The principal part of the vortex-chamber type diesel power plant (only henceforth an "engine") 41 is constituted by the cylinder block 43 which has the cylinder 42 of plurality (drawing one), and the cylinder head 44 attached in the upper part. In each cylinder 42, the piston 45 is held possible [ reciprocation ] in the vertical direction, and the depression 46 which has a loose inclination is formed in the crowning of the piston 45. The space surrounded by this depression 46 and cylinder head 44 constitutes the main combustion chamber 47.

[0050] The cylinder head 44 is equipped with the inhalation-of-air path 48 for drawing air in a cylinder 42. Moreover, a secondary combustion chamber 54 is formed in the cylinder head 44, and the main combustion chamber 47 is open for free passage with the interconnecting catwalk 55. The secondary combustion chamber 54 is called especially the vortex chamber from it being the configuration which builds a strong vortex, in case air flows from an interconnecting catwalk 55. The fuel injection nozzle 50 for injecting a fuel in the shape of a fog to this vortex chamber 54 is arranged at the cylinder head 44. A fuel injection nozzle 50 injects a fuel in the direction in alignment with the vortex formed in a vortex chamber 54. The glow plug 49 for assisting engine starting is formed in the part estranged a little from the fuel injection nozzle 50.

[0051] The discharge electrode of a pair which consists of cathode 51 and an anode plate 52 is prepared in the cylinder head 44 which faced the vortex chamber 54. Cathode 51 is arranged so that a point may project near the fuel-injection point by the fuel injection nozzle 50 of a vortex chamber 54, and it is electrically connected with the 1st plasma generator (illustration abbreviation) by lead wire 53. The anode plate 52 of

another side is arranged at the side which counters the cathode 51 in a vortex chamber 54, and touch-down (ground) connection is made with lead wire 53.

[0052] The fuel-injection system and plasma control system in this operation gestalt are constituted like the above-mentioned 1st operation gestalt. The vortex-chamber-type engine 41 as replaced with an engine 11 and shown in drawing 4 in drawing 2 in detail is incorporated, through the injection pipe 34, it connects with a fuel injection nozzle 50, and the fuel-injection system 40 is connected as electrically [ the plasma control system 30 ] as the cathode 51 of a discharge electrode. Therefore, the same number is given to the same equipment and member as the 1st operation gestalt, and detailed explanation is omitted.

[0053] In actuation of the engine 41 of this operation gestalt mentioned above, the process from injection of a fuel to combustion is performed almost like the above-mentioned 1st operation gestalt. That is, although it differs in that the location is a vortex chamber 54, the process which a fuel is injected, starts combustion by self-ignition, and carries out explosion expansion is almost common. Therefore, the same operation and effectiveness as the 1st operation gestalt are acquired by generating discharge as well as fuel injection in a vortex chamber 54, and producing the plasma. For this reason, detailed explanation is omitted here.

[0054] Thus, according to this operation gestalt, the combustion period of an engine 41, and since afterburning period T four can especially be shortened, the black smoke generated by the cinder of a fuel is reduced, and the discharge of the particulate matter which uses this black smoke as a principal component can be reduced sharply. Moreover, since a combustion reaction is centralized by compaction of afterburning period T four for a short time, it will be in the combustion condition near a gasoline engine, and the high increase in power of a diesel power plant and improvement in responsibility can be aimed at.

[0055] Furthermore, also in control by the plasma control unit 26, the same operation and effectiveness as the above-mentioned 1st operation gestalt are acquired. That is, if the fuel injection to a vortex chamber 54 is started, since impression of the high voltage from the 1st plasma generator 24 to cathode 51 will be started, discharge can be exactly generated towards the injected fuel. moreover, the thing made to increase plasma reinforcement even when the load of an engine 41 becomes high and many fuels are injected by the vortex chamber 54 since it is the method which controls the reinforcement of the plasma by fluctuating the applied voltage to cathode 51 according to the detection result of the injection quantity for example, -- the gaseous mixture -- it can be charged efficiently and an inner high-concentration fuel can be made to ionize

[0056] (The 3rd operation gestalt) Next, the 3rd operation gestalt which materialized the 4-7th invention is explained based on drawing 5.

[0057] The fuel injection nozzle 61 shown in drawing 5 is the thing of the format called the hole form where it is used for a direct injection diesel power plant, and is included in the engine and fuel-injection system which have the same configuration as the above-mentioned 1st operation gestalt. In detail, a fuel injection nozzle 61 is attached instead of the fuel injection nozzle 20 in drawing 2.

[0058] The fuel injection nozzle 61 is constituted in the nozzle body 62 by the nozzle assembly 69 which a needle 63 goes up and down, and the nozzle holder 70 by which the spring 67 which sets up an injection-valve opening pressure into the holder body 66 was contained. it is an oil about a fuel at the holder body 66 and a nozzle body 62 -- the fuel path 68 for leading to a ball 64 is formed. If \*\*\*\*\* of this fuel goes up and the set force of a spring 67 is exceeded, a needle 63 will carry out a lift and fuel injection will be started from two or more nozzle holes 65 formed at the tip of a nozzle body 62. A fuel is injected by the radial in the four to 8 direction, carrying out rat tail atomization by the nozzle hole 65. Spraying will be completed, if \*\*\*\*\* descends and a needle 63 returns to the original location with a spring 67. In addition, \*\*\*\*\* in case a needle 63 begins to carry out a lift is called injection-valve opening pressure, and \*\*\*\*\* when returning to the original location is called injection-valve closing pressure.

[0059] In the fuel path 68 of a fuel injection nozzle 61, the discharge electrode 71 of a ring-like pair estranges mutually, and is arranged at it, and the 2nd plasma generator 72 is electrically connected to the discharge electrode 71. A dc-battery 73 and the plasma control unit 74 are connected to the 2nd plasma generator 72, and the plasma control system 75 is constituted. The 2nd plasma generator 72 impresses high-frequency voltage to a discharge electrode 71 in response to supply of the power source from a dc-battery 73. The plasma control unit 74 controls the drive of the 2nd plasma generator 72 while it receives the signal from the accelerator opening sensor 27 and an oil pressure sensor 28 and detects the injection condition of the fuel by the fuel injection nozzle 61 based on these signals. In addition, about the accelerator opening sensor 27 and an oil pressure sensor 28, since it has the same configuration as the above-mentioned 1st operation gestalt, detailed explanation is omitted.

[0060] Hereafter, the operation and effectiveness of this operation gestalt which were constituted as mentioned above are explained. like the inhalation-of-air line of an engine 11 -- from -- in an expansion

stroke, when a fuel is injected towards a combustion chamber 17, as for the fuel fed from the fuel-injection system 30, it passes through the fuel path 68 in the holder body 66 as mentioned above. He is trying for the 2nd plasma generator 72 to make both the discharge electrodes 71 generate discharge by impressing high-frequency voltage in the fuel injection nozzle 61 of this operation gestalt at the fuel path 68 in the case of this injection. Thereby, corona discharge arises around both the discharge electrodes 71, and the fuel which passes through the fuel path 68 is charged. In case this electrified fuel is injected by the combustion chamber 17 after that and generates gaseous mixture, ionization of that fuel is promoted.

[0061] Thus, if it discharges to a fuel just before being injected by the combustion chamber 17 and the ionization is promoted, the same operation and effectiveness as the above-mentioned 1st operation gestalt will be acquired. That is, an engine combustion period and since afterburning period T four can especially be shortened, the black smoke generated by the cinder of a fuel is reduced, and the discharge of the particulate matter which uses this black smoke as a principal component can be reduced sharply. Moreover, since a combustion reaction is centralized by compaction of afterburning period T four for a short time, it will be in the combustion condition near a gasoline engine, and the high increase in power of a diesel power plant and improvement in responsibility can be aimed at.

[0062] Furthermore, also in control by the plasma control unit 74, the same operation and effectiveness as the above-mentioned 1st operation gestalt are acquired. That is, if the fuel injection by the fuel injection nozzle 61 is started, since impression of high-frequency voltage will be started from the 2nd plasma generator 72 to a discharge electrode 71, it can discharge exactly towards the fuel in front of the injection which passes through the fuel path 68. Moreover, even when an engine load becomes high and many fuels are injected by the fuel injection nozzle 61 since it is the method which controls the reinforcement of the plasma generated by impressing the high-frequency voltage according to fuel oil consumption to a discharge electrode 71 for example, the fuel of a high flow rate in the fuel path 68 can be efficiently electrified by making plasma reinforcement increase.

[0063] In addition, in this operation gestalt, in order for what is necessary just to be to change a fuel injection nozzle 61 in addition to the effectiveness of the above-mentioned 1st operation gestalt, it is not necessary to add large modification to the conventional diesel power plant. That is, it can improve easily to the conventional diesel power plant, without adding modification to the structure of the combustion chamber itself in any way, in order to build into the fuel path 68 in a fuel injection nozzle 61 the discharge electrode 71 made to generate the plasma.

[0064] In addition, this invention can be materialized in another operation gestalt shown below.

[0065] (1) In the 1st or 2nd operation gestalt, although the high voltage is impressed to the cathode 21 (or 51) of a discharge electrode and corona discharge is generated as plasma developmental mechanics in a combustion chamber 17 or a secondary combustion chamber 54, other approaches may be adopted. For example, an electron can be accelerated by making mesh-like cathode pass the electron made to discharge from cathode, and the plasma can be generated also by the approach of taking out the electron beam.

[0066] (2) In the 3rd operation gestalt, although high-frequency voltage is impressed to the discharge electrode 71 of the pair estranged and arranged as plasma developmental mechanics in the fuel path 68 and discharge is generated, other approaches may be adopted. For example, as shown in drawing 6, a discharge coil 76 can be arranged to the tube wall of the fuel path 68, the high frequency current can be energized to this discharge coil 76, and the plasma can be generated also by the approach of generating discharge in the fuel path 68 according to induced electromotive force.

[0067] (3) In the 3rd operation gestalt, although the hole form where it is used for a direct fuel-injection engine as a fuel injection nozzle 61 is shown, you may be the fuel injection nozzle of a different format. For example, you may be the fuel injection nozzle of a pin form used for a vortex-chamber type engine etc. In the above-mentioned hole form, to one or more small nozzle holes of an aperture being prepared, the nozzle hole shaft slightly thinner than that nozzle hole is established at one nozzle hole with a comparatively big aperture, and the tip of a needle, and the fuel injection nozzle of this pin form is equipped with the structure where nozzle hole area changes according to the amount of lifts of a needle, with the configuration of this nozzle hole shaft. Also in the fuel injection nozzle of such a pin form, the discharge electrode of a pair can be arranged like the fuel path for leading a fuel to a nozzle hole, or a discharge coil can be arranged to a tube wall, and discharge can be generated at a fuel path by [ which impress high-frequency voltage to these and is in them ] being and energizing the high frequency current.

[0068] (4) The plasma control units 26 and 74 may detect the injection condition of a fuel with the accelerator opening Q and detection means other than \*\*\*\*\* P of a fuel. For example, the injection condition of the fuel injected to a combustion chamber 17 may be detected by detecting the centrifugal spark

advancer 37 of a fuel injection pump 31, and the operating state of a timer 38. Moreover, in the case of a diesel power plant equipped with an electronics control-type fuel injection equipment, the control signal can be used.

[0069] (5) This invention is applicable also to the diesel power plant into which superchargers, such as a turbocharger, were built, and the diesel power plant into which the so-called EGR system which takes out a part of combustion gas from a flueway, and was returned to the inhalation-of-air path was built.

[0070]

[Effect of the Invention] According to the 1st invention, in the combustion chamber of a direct injection diesel power plant, the combustion reaction can be promoted by being charged and making an injection fuel ionize. Thereby, an afterburning period is shortened, and while being able to reduce the particulate matter in the exhaust gas resulting from the cinder of a fuel, an engine high increase in power and improvement in responsibility can be aimed at by centralization of combustion.

[0071] According to the 2nd invention, in the secondary combustion chamber of an accessory cell type diesel power plant, the combustion reaction can be promoted by being charged and making an injection fuel ionize. Thereby, an afterburning period is shortened, and while being able to reduce the particulate matter in the exhaust gas resulting from the cinder of a fuel, an engine high increase in power and improvement in responsibility can be aimed at by centralization of combustion.

[0072] According to the 3rd invention, it can be charged effectively and an injection fuel can be made to ionize by making a combustion chamber or a secondary combustion chamber generate corona discharge, and making it produce the plasma in addition to the 1st or 2nd effect of the invention.

[0073] At the fuel path of a fuel injection nozzle, by electrifying the fuel in front of injection, ionization of an injection fuel can be promoted and, according to the 4th invention, the combustion reaction can be promoted. Thereby, an afterburning period is shortened, and while being able to reduce the particulate matter in the exhaust gas resulting from the cinder of a fuel, an engine high increase in power and improvement in responsibility can be aimed at by centralization of combustion.

[0074] According to the 5th invention, the fuel in front of injection can be effectively electrified by making a fuel path generate discharge and making it produce the plasma in addition to the 4th effect of the invention.

[0075] According to the 6th invention, it can be charged and a fuel can be made to ionize exactly by in addition to the 3rd or 5th effect of the invention, having been injected by the combustion chamber or the secondary combustion chamber, or discharging towards the fuel in front of injection.

[0076] According to the 7th invention, it can be charged and a fuel can be made to ionize efficiently by generating discharge of the reinforcement corresponding to the fuel quantity injected by a combustion chamber or the secondary combustion chamber in addition to the 6th effect of the invention.

[0077] According to the 8th invention, the fuel in front of injection can be effectively electrified by making a fuel path generate discharge and making it produce the plasma in addition to the 4th effect of the invention.

[0078] According to the 9th invention, it can be charged and a fuel can be made to ionize exactly by discharging towards the fuel in front of injection in addition to the 8th effect of the invention.

[0079] According to the 10th invention, it can be charged and a fuel can be made to ionize efficiently by generating discharge of the reinforcement corresponding to the fuel quantity injected in addition to the 9th effect of the invention.

---

[Translation done.]

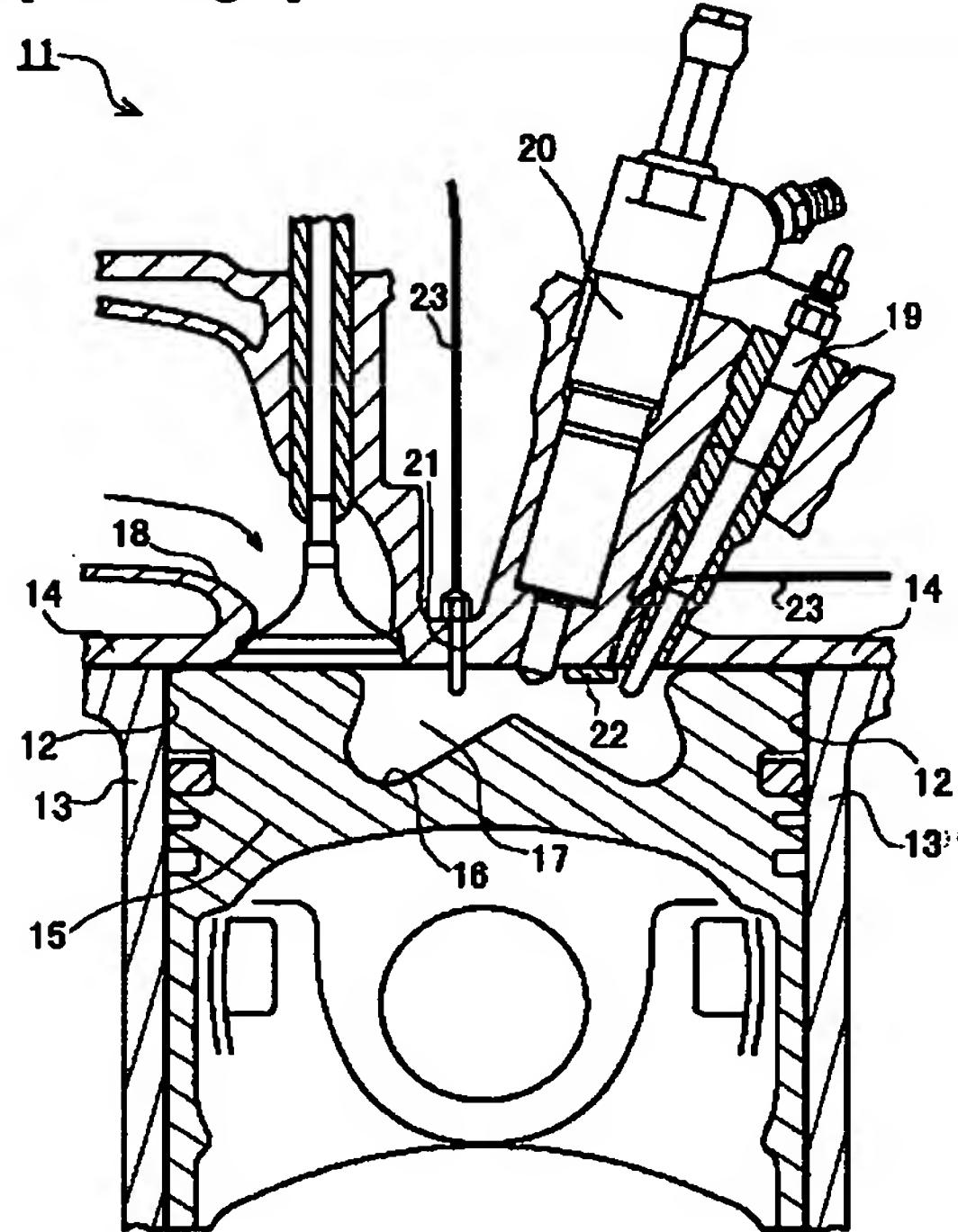
## \* NOTICES \*

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

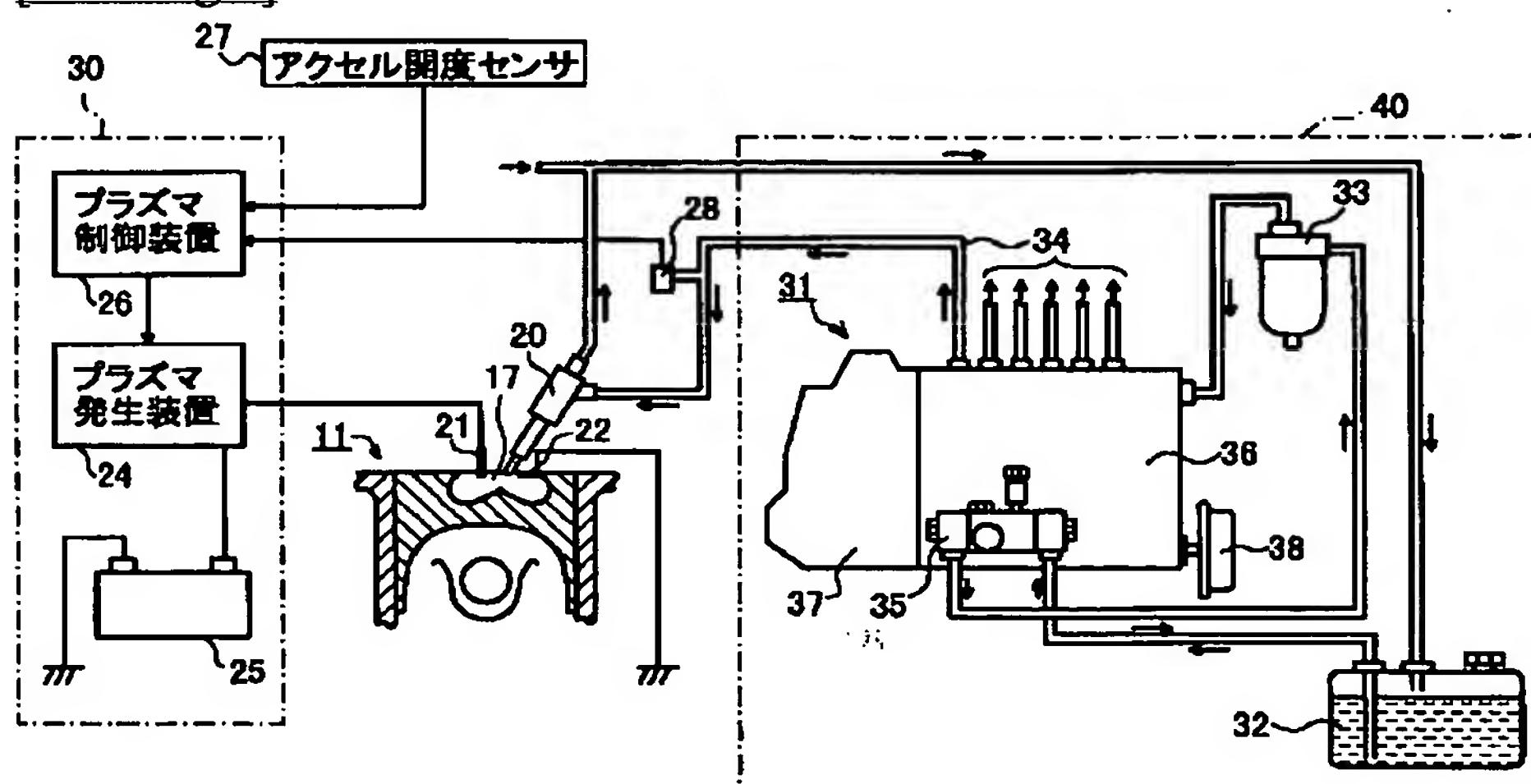
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

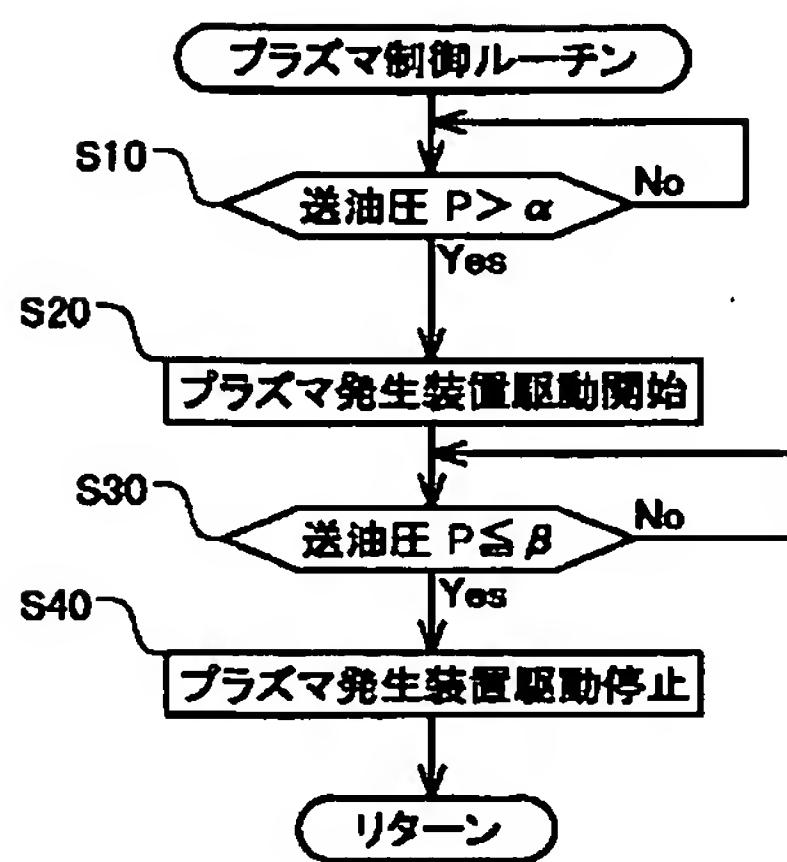
[Drawing 1]



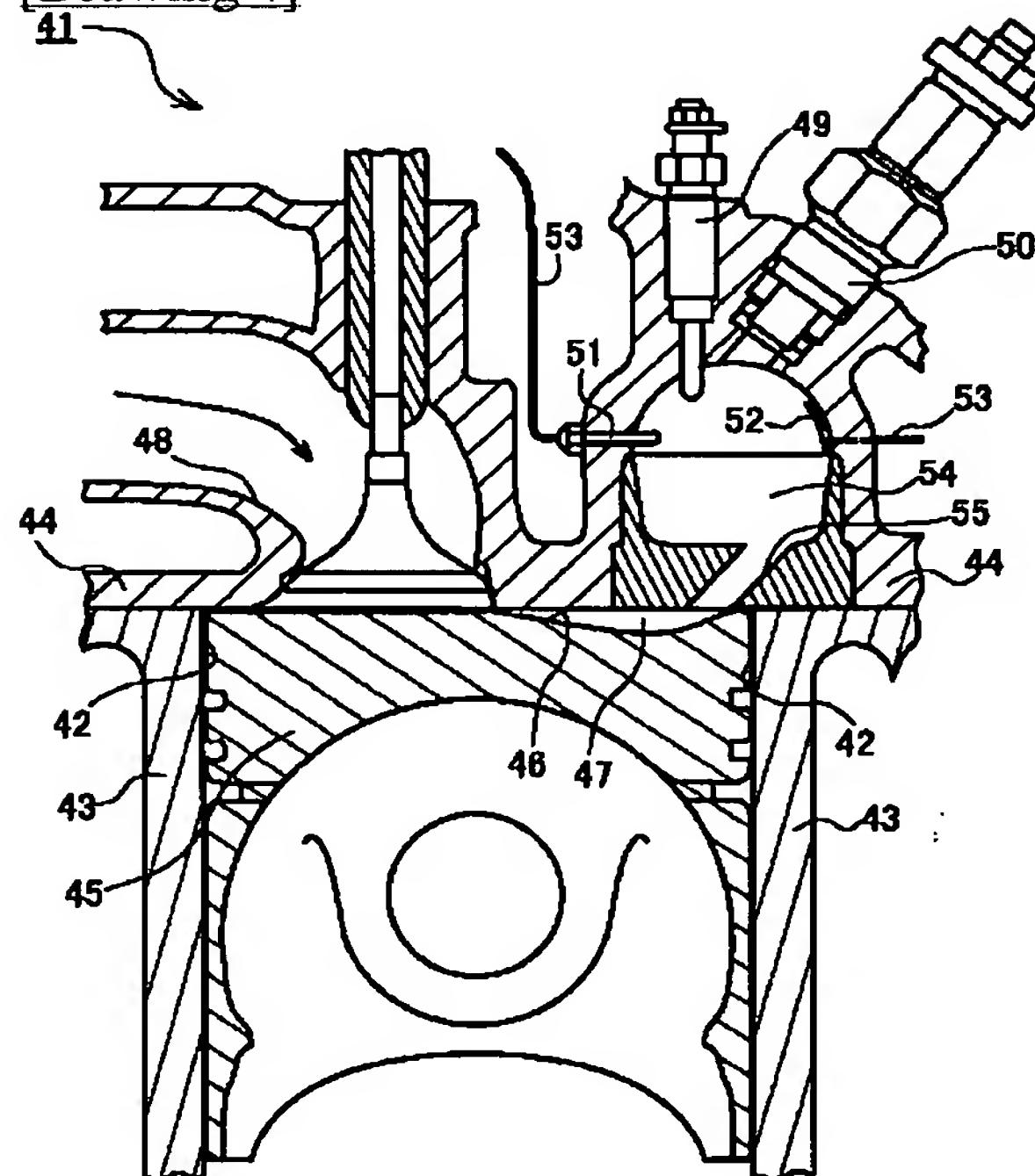
[Drawing 2]



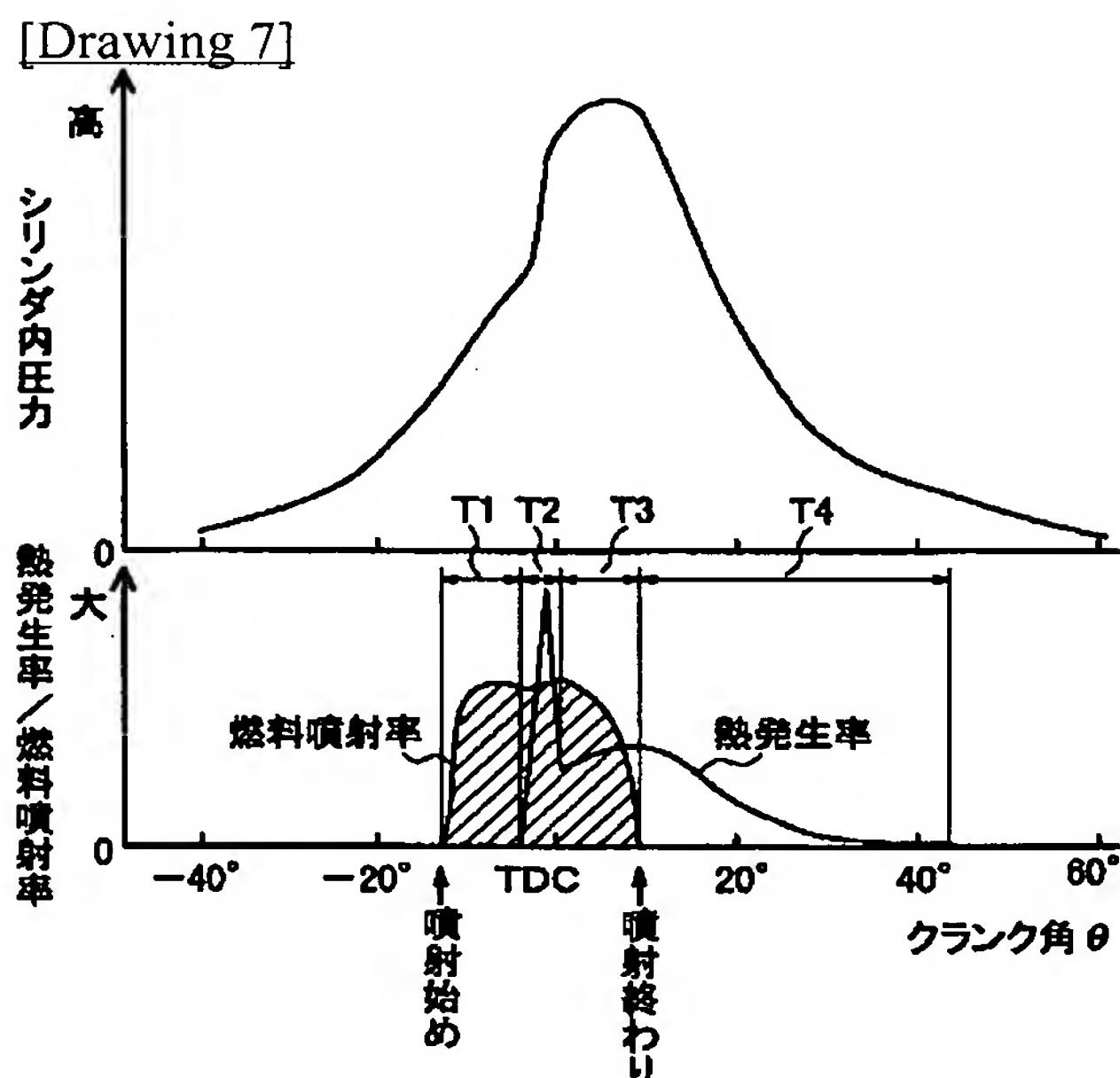
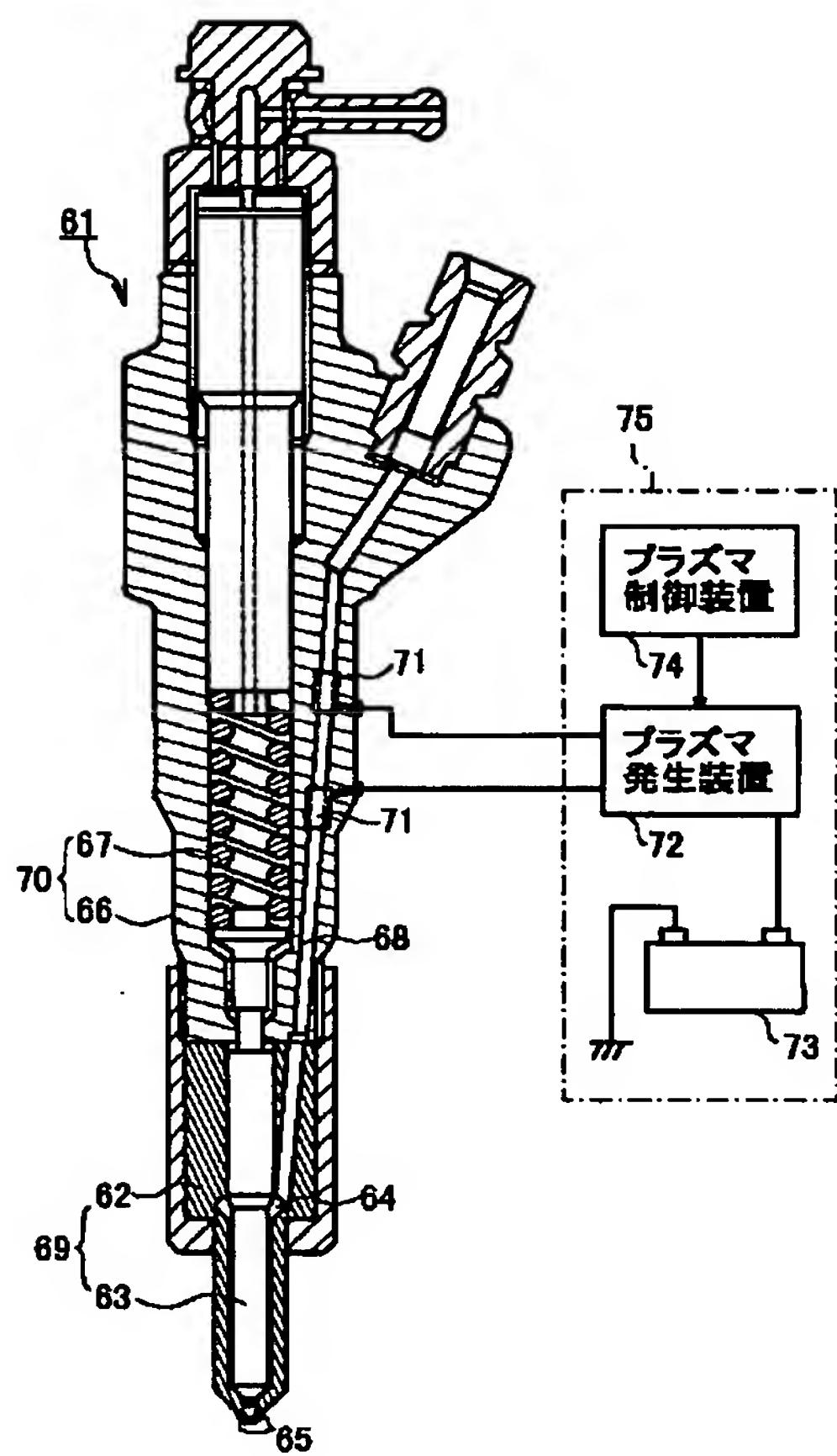
[Drawing 3]



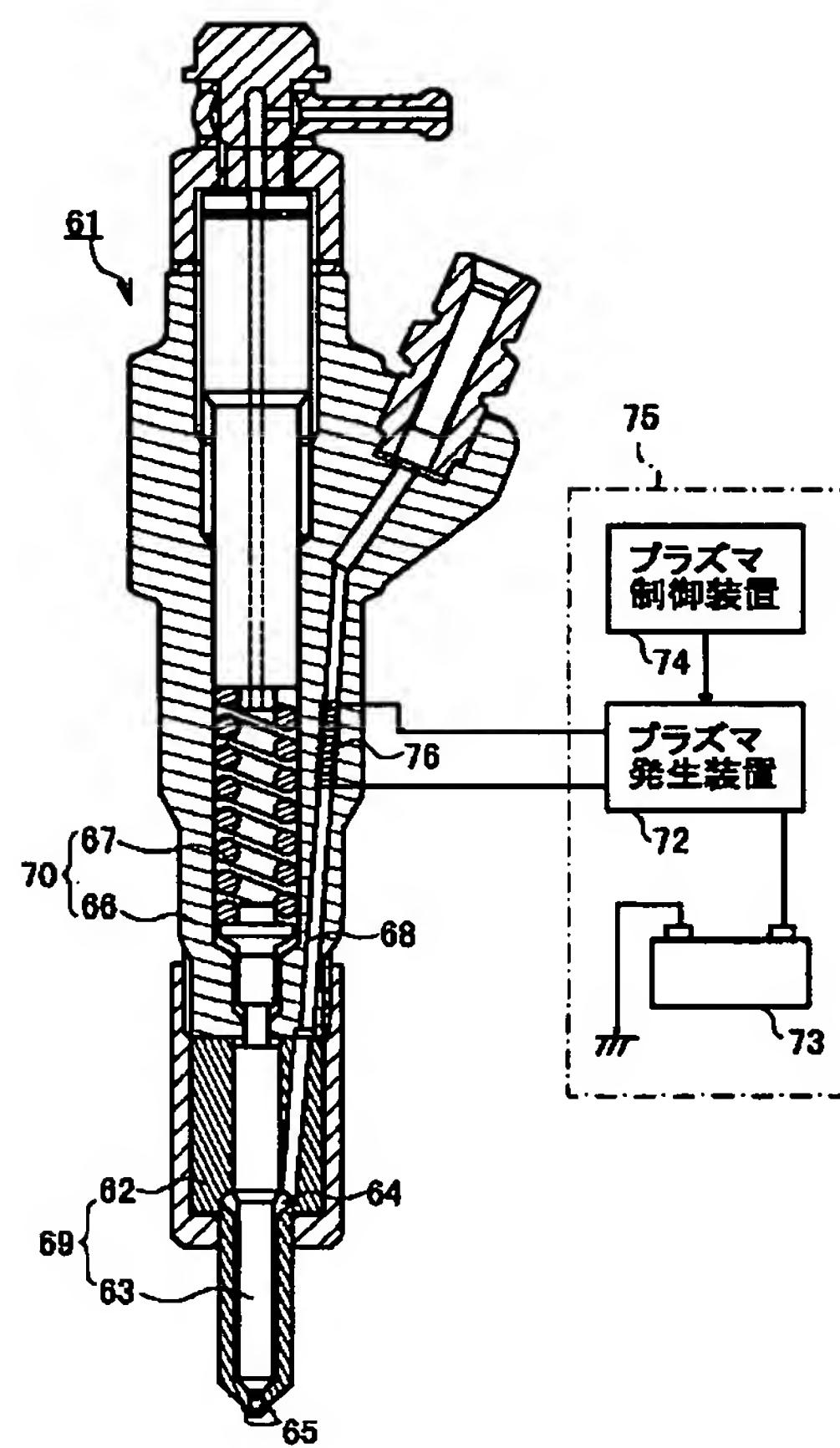
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 6]



---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-317360

(P2001-317360A)

(43)公開日 平成13年11月16日 (2001.11.16)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F 02 B 23/02

19/16

23/06

F 02 M 27/04

識別記号

F I

テマコード<sup>\*</sup>(参考)

F 02 B 23/02

N 3 G 0 2 3

L 3 G 0 6 6

19/16

J

23/06

Z

F 02 M 27/04

H

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2000-132450(P2000-132450)

(22)出願日

平成12年5月1日 (2000.5.1)

(71)出願人 396021427

長野 茂

岐阜県岐阜市中西郷4丁目149番地

(72)発明者 長野 茂

岐阜県岐阜市中西郷4丁目149番地

(74)代理人 100098224

弁理士 前田 勘次

Fターム(参考) 3G023 AA03 AB09 AC04 AD02 AD03  
AD12 AD22 AD30

3G066 AA07 AA11 AA13 AB02 AD12  
BA16 BA19 BA24 CC00 CC06T

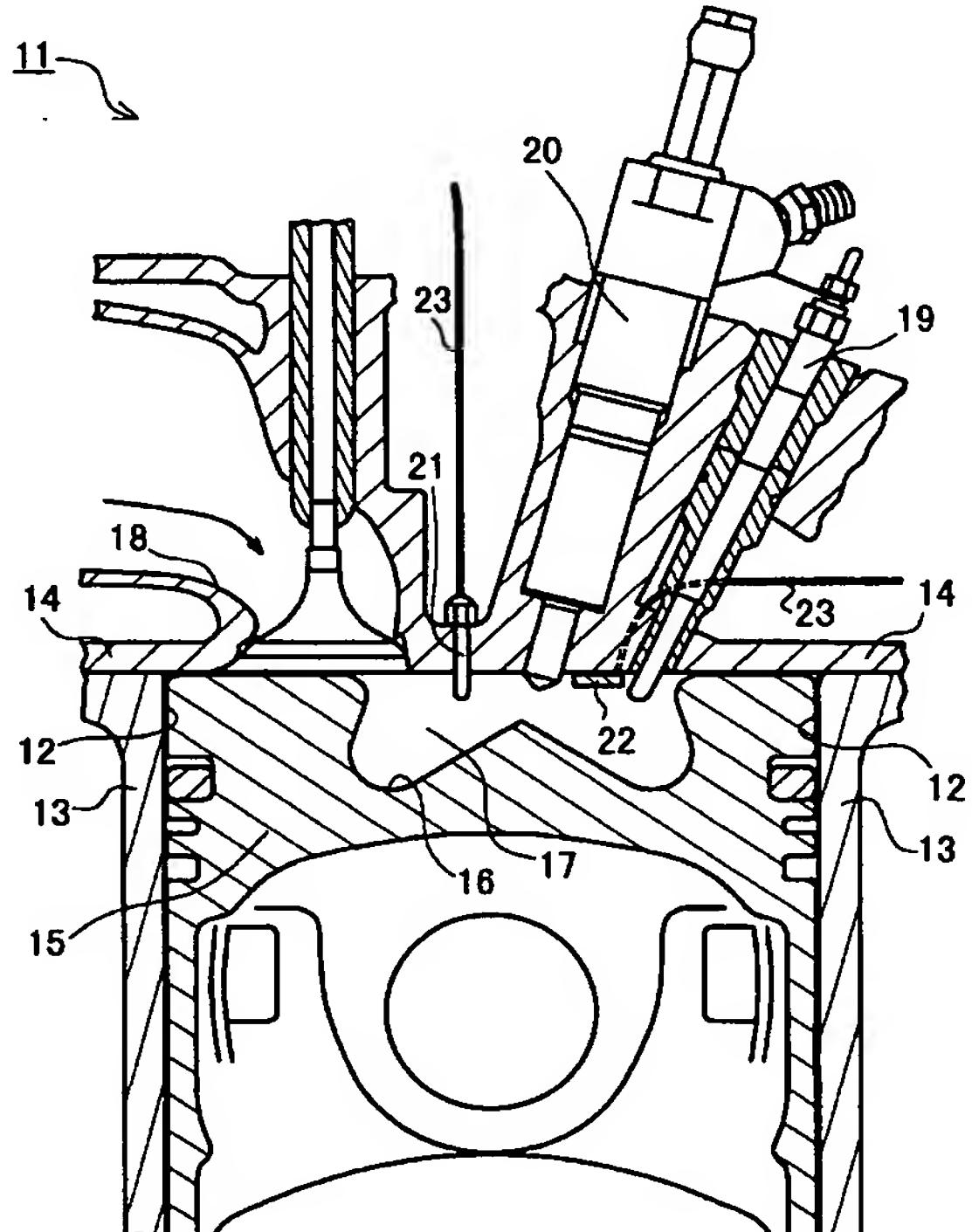
CC14 CC26 CD25 CD26 DA04  
DA06

(54)【発明の名称】 ディーゼルエンジン

(57)【要約】

【課題】 プラズマを利用して、燃焼室などで燃焼反応を促進させる条件をつくりだし、ディーゼルエンジン特有の後燃え期間を短縮することにより、排気ガス中の粒子状物質 (PM) を低減するようにしたディーゼルエンジンを提供する。

【解決手段】 燃焼室 17 (又は副燃焼室) と、前記燃焼室 17 (又は副燃焼室) に向けて燃料を噴射する燃料噴射ノズル 20 とを備え、前記燃料噴射ノズル 20 からの燃料を前記燃焼室 17 (又は副燃焼室など) で燃焼するようにしたディーゼルエンジン 11において、前記燃焼室 17 (副燃焼室又は燃料噴射ノズルの燃料通路) で放電を発生させるための放電電極 21, 22 を設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ピストンが往復動可能に収容されたシリンドラと、前記ピストン及びシリンドラのいずれか一方に設けられた燃焼室と、同燃焼室に向けて燃料を噴射する燃料噴射ノズルとを備え、同燃料噴射ノズルからの燃料を前記燃焼室で燃焼するようにしたディーゼルエンジンにおいて、

前記燃料噴射ノズルから燃料の噴射された前記燃焼室で放電を発生させる第1プラズマ発生機構をさらに備えることを特徴とするディーゼルエンジン。

【請求項2】 ピストンが往復動可能に収容されたシリンドラと、前記ピストン及びシリンドラのいずれか一方に設けられた主燃焼室と、同主燃焼室に連絡通路で連通された副燃焼室と、同副燃焼室に向けて燃料を噴射する燃料噴射ノズルとを備え、同燃料噴射ノズルからの燃料を前記副燃焼室で燃焼するようにしたディーゼルエンジンにおいて、

前記燃料噴射ノズルから燃料の噴射された前記副燃焼室で放電を発生させる第1プラズマ発生機構をさらに備えることを特徴とするディーゼルエンジン。

【請求項3】 前記第1プラズマ発生機構は、前記燃焼室又は副燃焼室に互いに離間して配置された一対の放電電極と、両放電電極の少なくとも一方と電気的に接続され、両放電電極間に高電圧を印加する第1プラズマ発生装置とを備えるものであることを特徴とする請求項1又は2に記載のディーゼルエンジン。

【請求項4】 燃料を霧状に噴射する噴孔と、燃料供給手段からの燃料を前記噴孔に導く燃料通路とを有する燃料噴射ノズルとを備え、同燃料噴射ノズルからの燃料を燃焼するようにしたディーゼルエンジンにおいて、前記噴孔から噴射される燃料が通過する前記燃料通路で放電を発生させる第2プラズマ発生機構をさらに備えることを特徴とするディーゼルエンジン。

【請求項5】 前記第2プラズマ発生機構は、前記燃料通路の管壁に互いに離間して配置された一対の放電電極と、両放電電極と電気的に接続され、両放電電極間に高周波電圧を印加する第2プラズマ発生装置とを備えるものであることを特徴とする請求項4に記載のディーゼルエンジン。

【請求項6】 前記燃料噴射ノズルによる燃料噴射状態を検出する燃料噴射検出手段と、同燃料噴射検出手段による噴射開始の検出を、前記放電電極への印加開始条件とするプラズマ制御手段とをさらに備えることを特徴とする請求項3又は5に記載のディーゼルエンジン。

【請求項7】 前記プラズマ制御手段は、前記放電電極に印加する電圧を、前記燃料噴射検出手段による噴射量の検出結果に応じて異ならせるものであることを特徴と

する請求項6に記載のディーゼルエンジン。

【請求項8】 前記第2プラズマ発生機構は、前記燃料通路の管壁に設けられた放電コイルと、同放電コイルの両端と電気的に接続され、同放電コイルに高周波電流を通電する第2プラズマ発生装置とを備えるものであることを特徴とする請求項4に記載のディーゼルエンジン。

【請求項9】 前記燃料噴射ノズルによる燃料噴射状態を検出する燃料噴射検出手段と、

10 同燃料噴射検出手段による噴射開始の検出を、前記放電コイルへの通電開始条件とするプラズマ制御手段とをさらに備えることを特徴とする請求項8に記載のディーゼルエンジン。

【請求項10】 前記プラズマ制御手段は、前記放電コイルに通電する電流を、前記燃料噴射検出手段による噴射量の検出結果に応じて異ならせるものであることを特徴とする請求項9に記載のディーゼルエンジン。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

20 【発明の属する技術分野】 本発明は、プラズマ発生装置を利用したディーゼルエンジンに関する。

## 【0002】

【従来の技術】 ディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンに比べて燃料消費率が低いことや、耐久性に優れていますことから、トラックやバスなどの商用車に広く用いられている。ディーゼルエンジンとガソリンエンジンとの主な相違点は燃焼方式にあり、ガソリンエンジンが、燃料と空気との混合気を電気火花で強制着火させているのに対して、ディーゼルエンジンでは、圧縮した高温空気中に燃料を噴射して自己着火させている。また、ディーゼルエンジンは、シリンドラ内へ噴射する燃料量を加減して出力の制御を行っており、負荷によって空燃比（空気と燃料との重量比）が大きく変化する。このため、急激な負荷がかかると、シリンドラ内の燃焼はその負荷についていくことができず、燃料の燃焼爆発の際に、燃料供給過多や空気不足による不完全燃焼が発生しやすくなる。このような状態で、燃焼が追い付かず燃料が燃え残ると、複雑な反応を経て黒煙（すす）を生成する。ディーゼルエンジンの燃焼ガスには、この黒煙を主成分とする粒子状物質（PM）が多く含まれている。

40 【0003】 図7に、ディーゼルエンジンの燃料噴射と燃焼（熱発生率）の状態を表わしたグラフを示す。ディーゼルエンジンの燃焼では、まず、シリンドラ内への空気の吸入とシリンドラ内の圧力上昇に伴って燃料噴射が始まり、燃料の蒸発拡散により可燃混合気を生成する。この段階が着火遅れ期間T1である。続いて、この可燃混合気の数箇所でほぼ同時に自己着火が起こり、可燃混合気が急速に燃焼する。この段階は予混合燃焼期間T2と呼ばれる。さらに、燃焼中のガスに向けて燃料が噴射されるので、断続的に燃焼が行われ拡散燃焼期間T3とな

る。燃料噴射が終了した後でも、まだ燃え残った燃料の燃焼があるため、熱発生がしばらく続く。これは後燃え期間T4と呼ばれている。

【0004】ディーゼルエンジンの燃焼におけるこれらの期間で着目すべきは、後燃え期間T4である。すなわち、後燃え期間T4の燃焼では、他の着火遅れ期間T1、予混合燃焼期間T2、拡散燃焼期間T3の各期間よりも長い時間を要しているためである。ディーゼルエンジンの負荷上昇時において、燃焼室への燃料供給過多や空気不足に起因して生成する粒子状物質は、この後燃え期間T4に生じているものと考えられる。

【0005】ディーゼルエンジンから排出される燃焼ガス中の粒子状物質は、それ自体が呼吸器系疾患の原因となる可能性があり、また、人体への影響について近年注目されている大気中の浮遊粒子状物質(SPM)発生の主要因とされている。このため、粒子状物質の低減対策は、窒素酸化物(NOx)の低減対策とともに、ディーゼルエンジン改善技術の中心課題とされている。従来の低減対策技術は大きく三つに分類され、それぞれ、セタン価など燃料性状の改善(従来技術1)、燃焼室の改良又は燃料噴射の高圧化・微粒子化による燃焼の改善(従来技術2)、燃焼ガス成分の酸化触媒による分解又はフィルターによる除去などの後処理(従来技術3)が挙げられる。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記の従来技術1~3では、ディーゼルエンジンの欠点である燃焼反応の応答性の悪さ、すなわち後燃え期間の長さについては改善されておらず、上記の従来技術1~3は全て後追いの形となっていた。

【0007】したがって、本発明は、燃焼反応を促進させる条件を燃焼室内につくりだし、ディーゼルエンジン特有の後燃え期間を短縮することにより、燃料の燃え残りに起因する燃焼ガス中の粒子状物質を低減するとともに、燃焼の応答性を向上させるようにしたディーゼルエンジンを提供することを課題とするものである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の第1の発明は、ピストンが往復動可能に収容されたシリンダと、前記ピストン及びシリンダのいずれか一方に設けられた主燃焼室と、同主燃焼室に連絡通路で連通された副燃焼室と、同副燃焼室に向けて燃料を噴射する燃料噴射ノズルとを備え、同燃料噴射ノズルからの燃料を前記副燃焼室で燃焼するようにしたディーゼルエンジンにおいて、前記燃料噴射ノズルから燃料の噴射された前記燃焼室で放電を発生させる第1プラズマ発生機構をさらに備えるものである。

【0009】上記第1の発明によると、直接噴射式ディーゼルエンジンの作動において、燃料が燃焼室に噴射され、空気との混合気を生成する。この混合気は、ピストンの上昇行程で圧縮され高温となり、自己着火により燃

焼する。この燃料噴射から自己着火による燃焼の際に、第1プラズマ発生機構が燃焼室で放電を発生させることにより、プラズマを生じさせる。すると、混合気中の燃料が帶電しイオン化される。このように、燃料が帶電しイオン化されていると、その燃焼反応が促進されるため、自己着火により燃焼反応が開始されるまでの時間や、その燃焼反応が完了するまでに要する時間が短縮される。その結果、従来の直接噴射式ディーゼルエンジンに比べ燃料の燃焼効率が向上し、燃料の燃え残りに起因する黒煙の生成が低減される。

【0010】請求項2に記載の第2の発明は、ピストンが往復動可能に収容されたシリンダと、前記ピストン及びシリンダのいずれか一方に設けられた主燃焼室と、同主燃焼室に連絡通路で連通された副燃焼室と、同副燃焼室に向けて燃料を噴射する燃料噴射ノズルとを備え、同燃料噴射ノズルからの燃料を前記副燃焼室で燃焼するようにしたディーゼルエンジンにおいて、前記燃料噴射ノズルから燃料の噴射された前記副燃焼室で放電を発生させる第1プラズマ発生機構をさらに備えるものである。

【0011】上記第2の発明によると、副室式ディーゼルエンジンの作動において、燃料が副燃焼室に噴射され、空気との混合気を生成する。この混合気は、ピストンの上昇行程で圧縮され高温となり、自己着火により燃焼する。この燃料噴射から自己着火による燃焼の際に、第1プラズマ発生機構が副燃焼室で放電を発生させることにより、プラズマを生じさせる。すると、混合気中の燃料が帶電しイオン化される。このように、燃料が帶電しイオン化されていると、その燃焼反応が促進されるため、自己着火により燃焼反応が開始されるまでの時間や、その燃焼反応が完了するまでに要する時間が短縮される。その結果、従来の副室式ディーゼルエンジンに比べ燃料の燃焼効率が向上し、燃料の燃え残りに起因する黒煙の生成が低減される。

【0012】請求項3に記載の第3の発明は、第1又は第2の発明の構成に加え、前記第1プラズマ発生機構は、前記燃焼室又は副燃焼室に互いに離間して配置された一対の放電電極と、両放電電極の少なくとも一方と電気的に接続され、両放電電極間に高電圧を印加する第1プラズマ発生装置とを備えるものである。

【0013】上記第3の発明によると、第1プラズマ発生装置が放電電極に対して高電圧を印加し、燃焼室又は副燃焼室で放電を発生させる。これにより、その放電電極の周囲にはコロナ放電によるプラズマが発生し、その結果、燃焼室又は副燃焼室で、混合気中の燃料がその放電電極と同じ極性に帶電し、イオン化される。

【0014】請求項4に記載の第4の発明は、燃料を霧状に噴射する噴孔と、燃料供給手段からの燃料を前記噴孔に導く燃料通路とを有する燃料噴射ノズルを備え、同燃料噴射ノズルからの燃料を燃焼するようにしたディーゼルエンジンにおいて、前記噴孔から噴射される燃料が

通過する前記燃料通路で放電を発生させる第2プラズマ発生機構をさらに備えるものである。

【0015】上記第4の発明によると、ディーゼルエンジンの作動において、燃料噴射ノズルによって燃料が噴射されると、空気との混合気を生成する。この混合気は、ピストンの上昇行程で圧縮され高温となり、自己着火により燃焼する。この燃料噴射の際に、第2プラズマ発生機構が燃料噴射ノズル内の燃料通路で放電することにより、その燃料通路を通過する燃料を帯電させる。このように、噴射直前の燃料が帯電していると、混合気を生成する際に燃料のイオン化が促進され、その燃焼反応が促進されるため、自己着火により燃焼反応が開始されるまでの時間や、その燃焼反応が完了するまでに要する時間が短縮される。その結果、従来のディーゼルエンジンに比べ燃料の燃焼効率が向上し、燃料の燃え残りに起因する黒煙の生成が低減される。

【0016】請求項5に記載の第5の発明は、第4の発明の構成に加え、前記第2プラズマ発生機構は、前記燃料通路の管壁に互いに離間して配置された一対の放電電極と、両放電電極間と電気的に接続され、両放電電極に高周波電圧を印加する第2プラズマ発生装置とを備えるものである。

【0017】上記第5の発明によると、第2プラズマ発生装置が放電電極に高周波電圧を印加して、燃料噴射ノズルの燃料通路で放電を発生させる。その結果、この燃料通路内を通過する燃料が帯電し、噴射後の混合気生成時における燃料のイオン化が促進される。

【0018】請求項6に記載の第6の発明は、第3又は第5の発明の構成に加え、前記燃料噴射ノズルによる燃料噴射状態を検出する燃料噴射検出手段と、同燃料噴射検出手段による噴射開始の検出を、前記放電電極への印加開始条件とするプラズマ制御手段とをさらに備えるものである。

【0019】上記第6の発明によると、燃料噴射ノズルによる噴射開始が燃料噴射検出手段により検出されると、第1又は第2プラズマ発生装置が、放電電極への高電圧の印加を開始する。これにより、燃焼室又は副燃焼室に噴射された、あるいは燃料噴射ノズルにより噴射される直前の燃料に対して、的確に放電を発生させる。

【0020】請求項7に記載の第7の発明は、第6の発明の構成に加え、前記プラズマ制御手段は、前記放電電極に印加する電圧を、前記燃料噴射検出手段による噴射量の検出結果に応じて異ならせるものである。

【0021】上記第7の発明によると、燃料噴射検出手段により、燃料噴射ノズルにより噴射される燃料量が検出されると、その噴射燃料量に対応して、放電電極に印加する電圧が噴射燃料量に応じた値に変更される。これにより、噴射燃料量に対応した強度のプラズマが発生し、その燃料のイオン化が効率良く行われる。

【0022】請求項8に記載の第8の発明は、第4の發

明の構成に加え、前記第2プラズマ発生機構は、前記燃料通路の管壁に設けられた放電コイルと、同放電コイルの両端と電気的に接続され、同放電コイルに高周波電流を通電する第2プラズマ発生装置とを備えるものである。

【0023】上記第8の発明によると、第2プラズマ発生装置が放電コイルに高周波電流を通電して、燃料噴射ノズルの燃料通路で誘導起電力により放電を発生させる。その結果、この燃料通路内を通過する燃料が帯電し、噴射後の混合気生成時における燃料のイオン化が促進される。

【0024】請求項9に記載の第9の発明は、第8の発明の構成に加え、前記燃料噴射ノズルによる燃料噴射状態を検出する燃料噴射検出手段と、同燃料噴射検出手段による噴射開始の検出を、前記前記放電コイルへの通電開始の条件とするプラズマ制御手段とをさらに備えるものである。

【0025】上記第9の発明によると、燃料噴射ノズルによる噴射開始が燃料噴射検出手段により検出されると、第2プラズマ発生装置が、放電コイルへの高周波電流の通電を開始する。これにより、燃料噴射ノズルにより噴射される直前の燃料に対して、的確に放電を発生させる。

【0026】請求項10に記載の第10の発明は、第9の発明の構成に加え、前記プラズマ制御手段は、前記放電コイルに通電する電流を、前記燃料噴射検出手段による噴射量の検出結果に応じて異ならせるものである。

【0027】上記第10の発明によると、燃料噴射検出手段により、燃料噴射ノズルにより噴射される燃料量が検出されると、その噴射燃料量に対応して、放電コイルに通電する電流が噴射燃料量に応じた値に変更される。これにより、噴射燃料量に対応した強度のプラズマが発生し、その燃料のイオン化が効率良く行われる。

【0028】

【発明の実施の形態】（第1実施形態）以下、第1, 3, 6, 7の発明を直接噴射式ディーゼルエンジンに具体化した第1実施形態を、図1～3に基づいて説明する。

【0029】図1に示すように、直接噴射式ディーゼルエンジン（以下、単に「エンジン」という）11の主要部は、複数（図では1つ）のシリンダ12を有するシリンダブロック13と、その上部に取り付けられたシリンダヘッド14とにより構成されている。各シリンダ12内には、ピストン15が上下方向へ往復動可能に収容されており、そのピストン15の頂部には、中央部が周縁部より浅くなった断面ω（オメガ）字形の凹み16が形成されている。この凹み16及びシリンダヘッド14で囲まれた空間は、燃焼室17を構成している。

【0030】シリンダヘッド14は、シリンダ12内に空気を導くための吸気通路18を備えている。シリンダ

ヘッド14には、燃焼室17の中央部分に、燃料を霧状に噴射するための燃料噴射ノズル20が配置されている。また、燃料噴射ノズル20からやや離間した箇所には、エンジンの始動を補助するためのグローブラグ19が設けられている。

【0031】シリンドヘッド14の下面にはさらに、陰極21及び陽極22からなる一対の放電電極が設けられている。陰極21は、先端部が燃焼室17の中心近傍に向けて突出するように配置されており、導線23によつて後述する第1プラズマ発生装置（図2参照）と電気的に接続されている。陽極22は、燃料噴射ノズル20を挟んで陰極21に対向する箇所に配置されており、導線23によって接地（アース）接続されている。

【0032】図2に示すように、エンジン11には、燃料噴射ポンプ31を主体として構成された燃料噴射系40の機器類が組み付けられている。燃料噴射ポンプ31は、例えば列形噴射ポンプと呼ばれる形式で、フィードポンプ35、ポンプ本体36、ガバナ37及びタイマ38により構成されている。燃料噴射系40は、燃料をエンジン11に供給し、燃焼室17へ噴射する働きを担うものである。燃料タンク32の燃料は、まずフィードポンプ35により吸い上げられ、燃料フィルタ33で濾過された後にポンプ本体36に送られる。ポンプ本体36にはエンジン気筒数と同数のプランジャが内蔵されており、各プランジャから噴射管34を経由して、燃料噴射ノズル20へ燃料が圧送される。このとき、燃料噴射ポンプ31のガバナ37により燃料の供給量が調整され、タイマ38により供給時期が調整される。そして、圧送された燃料は、燃料噴射ノズル20により必要量だけ燃焼室17に噴射され、残りは燃料タンク32に戻される。なお、図2においては、エンジン11は1つの気筒しか図示されていないが、実際にはポンプ本体36に接続されている噴射管34と同数（ここでは6つ）の気筒を有している。

【0033】前述したように陰極21には、第1プラズマ発生装置24が電気的に接続されている。第1プラズマ発生装置24には、バッテリ25やプラズマ制御装置26が接続され、プラズマの発生及びその制御を担うプラズマ制御系30を構成している。第1プラズマ発生装置24は、バッテリ25からの電源の供給を受け、陰極21に高電圧を印加するものである。プラズマ制御装置26は、アクセル開度センサ27及び油圧センサ28からの信号を受け、これらの信号に基づいて燃料の噴射状態を検出し、第1プラズマ発生装置24の駆動を制御するものである。アクセル開度センサ27は、アクセルペダルの開度Qを検出するものであり、例えば、自動車などに元々組み込まれているものを利用できる。油圧センサ28は、噴射管34における燃料の送油圧Pを検出するものである。ここで、油圧センサ28としてはどのようなタイプでもよいが、送油圧Pの連続変化を検出でき

るものであることが望ましく、例えば、一般的に知られているブルドン管型、ベローズ型、ダイヤフラム型の圧力センサが挙げられる。

【0034】上述したエンジン11の作動においては、空気が吸気通路18から燃焼室17に吸入され、燃焼ガスが排出されるまでの期間、すなわち1サイクルの間に、ピストン15が2往復する。このサイクルは周知のように、吸入行程、圧縮行程、膨張行程及び排気行程の4つの行程からなるが、燃料の噴射及び燃焼は、このうち圧縮行程から膨張行程において行われる。以下、本実施形態における作用及び効果について、これら2つの行程を中心に説明する。

【0035】圧縮行程では、シリンド12内の空気がピストン15の上昇により圧縮され、クランク角θが上死点（TDC）となる前に燃料の噴射が開始される。燃料の蒸発拡散により可燃混合気を生成し、その後自己着火に至る。この燃料噴射から着火までの期間を着火遅れ期間T1という。着火遅れ期間T1は、さらに物理的着火遅れと化学的着火遅れに分けられる。物理的着火遅れは、噴射した燃料が微粒化、蒸発して可燃混合気を作り、着火可能な温度に達するまでの期間をいい、化学的着火遅れは、蒸発した燃料が加熱されたにしたがって化学反応を開始し、反応熱の発生、次に火炎をともなうか、あるいは圧縮圧力条件よりも高い圧力になるまでの期間をいう。

【0036】可燃混合気の数箇所でほぼ同時に自己着火が起こり、この可燃混合気が急速に燃焼する。この段階が予混合燃焼期間T2と呼ばれる。さらに、燃焼中のガスに向けて燃料が噴射されるので継続的に燃焼が行われる。この期間が拡散燃焼期間T3である。燃料噴射が終了した後でも、まだ燃え残った燃料があるため、熱発生が続く。これがいわゆる後燃え期間T4である。従来ならば、この拡散燃焼期間T3から後燃え期間T4において、燃え残った燃料から複雑な反応を経て、ディーゼルエンジンから排出される粒子状物質（PM）の主成分である黒煙（すす）を生成する。

【0037】これに対し、本実施形態のエンジン11では、上述の着火遅れ期間T1において燃料が噴射され混合気を生成する際に、第1プラズマ発生装置24が燃焼室17に設けられた放電電極の陰極21に対して高電圧を印加し、接地接続されている陽極22に向けて放電する。詳しくは、プラズマ制御装置26が、図3のフローチャートに示すプラズマ制御ルーチンを実行する。

【0038】まずステップS10において、第1プラズマ発生装置24の駆動の要否を判定する。詳しくは、燃料の送油圧信号Pが所定値 $\alpha$ よりも大きいか否かを判定する。所定値 $\alpha$ は、燃料噴射ノズル20から燃料噴射が開始されるために必要な送油圧（開弁圧という）の値に設定されている。この判定条件が満たされていないと、すなわち、燃焼室17へ燃料が噴射されていないと、ス

ステップS10が繰り返される。これに対し、前記判定条件が満たされていると、すなわち、燃焼室17への燃料噴射が開始されると、ステップS20へ移行し、第1プラズマ発生装置24の駆動を開始する。

【0039】具体的には、アクセル開度信号Q及び燃料の送油圧信号Pに基づき、燃料室内へ噴射される（と判断される）燃料量に対して、最適な強度のプラズマを発生させるよう、第1プラズマ発生装置24を制御する。詳しくは、所定強度のプラズマを発生させるのに必要とされる高電圧を、放電電極の陰極21に印加する。これにより、陰極21からはコロナ放電が発生し、燃焼室17でプラズマを生じる。すると、陰極21の周囲には同じ極性のイオンが充満し、混合気中の燃料が帯電しイオン化される。

【0040】次のステップS30では、第1プラズマ発生装置24の駆動終了の要否を判定する。詳しくは、燃料の送油圧信号Pが所定値 $\beta$ 以下か否かを判定する。所定値 $\beta$ は、燃料噴射ノズル20からの燃料噴射が終了するときの送油圧（閉弁圧という）の値に設定されている。この判定条件が満たされていないと、すなわち、燃焼室17への燃料噴射が継続していると、ステップS20において第1プラズマ発生装置24の駆動制御を継続する。これに対し、前記判定条件が満たされていると、すなわち、燃焼室17への燃料噴射が終了していると、次のステップS40へ移行して第1プラズマ発生装置24の駆動を停止し、プラズマ制御ルーチンを終了する。

【0041】前記プラズマ制御ルーチンでは、燃焼室17への燃料噴射が開始されると、第1プラズマ発生装置24から陰極21へ高電圧の印加が開始されるため、噴射された燃料に向けて的確に放電を発生させることができる。

【0042】また、噴射量の検出結果に応じて陰極21への印加電圧を変動させ、発生するプラズマの強度を制御する方式であるため、例えば、エンジン11の負荷が高くなり、燃焼室17に多くの燃料が噴射された場合でも、プラズマ強度を増加させることによって、その混合気中の高濃度の燃料を効率良く帯電し、イオン化させることができる。

【0043】ところで、燃焼反応とは、換言すれば可燃物質の酸素による酸化分解反応である。一般に、化学反応に際して対象となる物質があらかじめイオン化されないと、その反応に要する時間が短縮される。このことから、燃焼反応においても可燃物質がイオン化されると、その反応を効率的に行うことができると考えられる。このため、燃焼室17内で混合気中の燃料がイオン化されると、着火遅れ期間T1、とりわけ化学的着火遅れの時間が短縮されて自己着火が集中して起こるとともに、その後の燃焼反応も速やかに進行するようになる。その結果、燃料の燃焼爆発が促進され、噴射された燃料の大部分の燃焼が拡散燃焼期間T3までに終了する。し

たがって、従来のエンジンのように、後燃え期間T4まで多くの燃料が燃え残り、燃焼反応が引き延ばされるといった現象は起こりにくくなる。

【0044】このように、本実施形態によると、エンジン11の燃焼期間、とりわけ後燃え期間T4が短縮されることから、燃料の燃え残りによって生成する黒煙が低減され、この黒煙を主成分とする粒子状物質の排出量を大幅に削減することができる。

【0045】また、一般に燃料の燃焼爆発により駆動力を得ているエンジンにおいて、その性能を支配するのは燃焼期間であり、この燃焼期間を短くするほど、熱効率の向上や燃焼安定性の改善効果が得られる。本実施形態においては、上述のように、後燃え期間T4の短縮により燃焼反応が短時間に集中化されることから、ガソリンエンジンに似た燃焼状態となり、ディーゼルエンジンの高出力化及び応答性の向上を図ることができる。

【0046】さらに、本実施形態によると、エンジン11の熱効率や燃焼安定性が向上することから、圧縮比を従来のディーゼルエンジンよりも若干低くすることできる。これにより、ディーゼルエンジン特有の振動や騒音を低減することができる。さらに、圧縮比を低く抑えることにより、ピストン15やクランクシャフト（図示略）などシリンダ12周りの構成部品を軽量化でき、なおかつ、各部品の慣性重量が小さくなることから、従来のディーゼルエンジンの欠点である吹き上がりの悪さを改善することができる。

【0047】なお、本実施形態においては、上述の放電電極21、22及び第1プラズマ発生装置24などプラズマ制御系30を構成する機器を、軽量かつコンパクトにすることが可能である。さらに、これらの機器は機械的駆動を伴わないことから、ディーゼルエンジンの振動に対しても影響を受けにくい。このため、装置増設を比較的容易に、かつコスト増を極力抑えて行うことができる。

【0048】（第2実施形態）次に、第2、3、6、7の発明を、副室式ディーゼルエンジンの一種である渦流室式ディーゼルエンジンに具体化した第2実施形態を、図4に基づいて説明する。第2実施形態は、放電電極及び燃料噴射ノズルの取り付け位置などが、上述の第1実施形態と異なっている。

【0049】渦流室式ディーゼルエンジン（以下、単に「エンジン」という）41の主要部は、複数（図では1つ）のシリンダ42を有するシリンダブロック43と、その上部に取り付けられたシリンダヘッド44とにより構成されている。各シリンダ42内には、ピストン45が上下方向へ往復動可能に収容されており、そのピストン45の頂部には、緩やかな傾斜を有する凹み46が形成されている。この凹み46及びシリンダヘッド44で囲まれた空間は、主燃焼室47を構成している。

【0050】シリンダヘッド44は、シリンダ42内に

空気を導くための吸気通路48を備えている。また、シリンドヘッド44内には副燃焼室54が形成され、連絡通路55により主燃焼室47に連通されている。副燃焼室54は、連絡通路55から空気が流入する際に、強い渦流をつくるような形状となっていることから、特に渦流室と呼ばれている。シリンドヘッド44には、この渦流室54に燃料を霧状に噴射するための燃料噴射ノズル50が配置されている。燃料噴射ノズル50は、燃料を渦流室54において形成される渦流に沿う方向に噴射する。燃料噴射ノズル50からやや離間した箇所には、エンジンの始動を補助するためのグローブラグ49が設けられている。

【0051】渦流室54に面したシリンドヘッド44には、陰極51及び陽極52からなる一対の放電電極が設けられている。陰極51は、渦流室54の燃料噴射ノズル50による燃料噴射先の近傍に先端部が突出するよう配置されており、導線53によって第1プラズマ発生装置(図示略)と電気的に接続されている。他方の陽極52は、渦流室54内の陰極51に対向する側に配置されており、導線53によって接地(アース)接続されている。

【0052】本実施形態における燃料噴射系及びプラズマ制御系は、前述の第1実施形態と同様に構成されている。詳しくは、図2において、エンジン11に代えて図4に示すような渦流室式のエンジン41が組み込まれており、燃料噴射系40が噴射管34を介して燃料噴射ノズル50に接続され、かつ、プラズマ制御系30が放電電極の陰極51と電気的に接続されている。よって、第1実施形態と同様の装置・部材には同一の番号を付し、詳しい説明を省略する。

【0053】上述した本実施形態のエンジン41の作動においては、燃料の噴射から燃焼までの過程が、前述の第1実施形態とほぼ同様にして行われる。すなわち、その場所が渦流室54である点で異なるものの、燃料が噴射され、自己着火により燃焼を開始して爆発膨脹する過程は、ほぼ共通である。したがって、燃料噴射と同じく渦流室54において放電を発生させプラズマを生じさせることにより、第1実施形態と同様の作用及び効果が得られる。このため、ここでは詳しい説明を省略する。

【0054】このように、本実施形態によると、エンジン41の燃焼期間、とりわけ後燃え期間T4を短縮することができることから、燃料の燃え残りによって生成する黒煙が低減され、この黒煙を主成分とする粒子状物質の排出量を大幅に削減することができる。また、後燃え期間T4の短縮により燃焼反応が短時間に集中化されることから、ガソリンエンジンに近い燃焼状態となり、ディーゼルエンジンの高出力化や応答性の向上を図ることができる。

【0055】さらに、プラズマ制御装置26による制御においても、前述の第1実施形態と同様の作用及び効果

が得られる。すなわち、渦流室54への燃料噴射が開始されると、第1プラズマ発生装置24から陰極51への高電圧の印加が開始されるため、噴射された燃料に向けて的確に放電を発生させることができる。また、噴射量の検出結果に応じて陰極51への印加電圧を変動させることにより、プラズマの強度を制御する方式であるため、例えば、エンジン41の負荷が高くなり、渦流室54に多くの燃料が噴射された場合でも、プラズマ強度を増加させることによって、その混合気中の高濃度の燃料を効率良く帯電し、イオン化させることができる。

【0056】(第3実施形態)次に、第4~7の発明を具体化した第3実施形態を、図5に基づいて説明する。

【0057】図5に示す燃料噴射ノズル61は、直接噴射式ディーゼルエンジンに用いられるホール形と呼ばれる形式のものであり、前述の第1実施形態と同様の構成を有するエンジン及び燃料噴射系に組み込まれている。詳しくは、燃料噴射ノズル61は図2における燃料噴射ノズル20の代わりに取り付けられる。

【0058】燃料噴射ノズル61は、ノズルボディ62の中でニードル63が上下するノズルアセンブリ69と、ホルダボディ66の中に開弁圧を設定するスプリング67が収納されたノズルホルダ70とにより構成されている。ホルダボディ66及びノズルボディ62には、燃料を油だまり64へ導くための燃料通路68が形成されている。この燃料の送油圧が上昇してスプリング67のセット力を超えると、ニードル63がリフトして、ノズルボディ62の先端に形成された複数の噴孔65から、燃料噴射が開始される。燃料は、噴孔65で絞られ霧化しながら4~8方向へ放射状に噴射される。送油圧が下降し、スプリング67によりニードル63が元の位置に戻ると、噴霧が終了する。なお、ニードル63がリフトし始めるときの送油圧を開弁圧といい、元の位置に戻るときの送油圧を閉弁圧という。

【0059】燃料噴射ノズル61の燃料通路68には、リング状の一対の放電電極71が互いに離間して配置されており、その放電電極71には、第2プラズマ発生装置72が電気的に接続されている。第2プラズマ発生装置72には、バッテリ73やプラズマ制御装置74が接続され、プラズマ制御系75を構成している。第2プラズマ発生装置72は、バッテリ73からの電源の供給を受けて、放電電極71に高周波電圧を印加するものである。プラズマ制御装置74は、アクセル開度センサ27及び油圧センサ28からの信号を受け、これらの信号に基づいて燃料噴射ノズル61による燃料の噴射状態を検出するとともに、第2プラズマ発生装置72の駆動を制御するものである。なお、アクセル開度センサ27及び油圧センサ28については、上述の第1実施形態と同様の構成を有しているため、詳しい説明を省略する。

【0060】以下、上記のように構成された本実施形態の作用及び効果について説明する。エンジン11の吸気

行程から膨脹行程において、燃料が燃焼室17に向けて噴射されるとき、燃料噴射系30から圧送された燃料は、上述のようにホルダボディ66内の燃料通路68を通過する。本実施形態の燃料噴射ノズル61では、この噴射の際に、第2プラズマ発生装置72が両放電電極71に高周波電圧を印加することにより、燃料通路68で放電を発生させるようにしている。これにより、両放電電極71の周辺にはコロナ放電が生じ、燃料通路68を通過する燃料が帯電する。この帯電した燃料がその後燃焼室17に噴射され混合気を生成する際には、その燃料のイオン化が促進される。

【0061】このように、燃焼室17に噴射される直前の燃料に対して放電し、そのイオン化を促進させると、上述の第1実施形態と同様な作用及び効果が得られる。すなわち、エンジンの燃焼期間、とりわけ後燃え期間T4を短縮することができることから、燃料の燃え残りによって生成する黒煙が低減され、この黒煙を主成分とする粒子状物質の排出量を大幅に削減することができる。また、後燃え期間T4の短縮により燃焼反応が短時間に集中化されることから、ガソリンエンジンに近い燃焼状態となり、ディーゼルエンジンの高出力化や応答性の向上を図ることができる。

【0062】さらに、プラズマ制御装置74による制御においても、前述の第1実施形態と同様の作用及び効果が得られる。すなわち、燃料噴射ノズル61による燃料噴射が開始されると、第2プラズマ発生装置72から放電電極71に対して高周波電圧の印加が開始されるため、燃料通路68を通過する噴射直前の燃料に向けて的確に放電することができる。また、燃料噴射量に応じた高周波電圧を放電電極71に印加することにより、発生するプラズマの強度を制御する方式であるため、例えば、エンジンの負荷が高くなり、燃料噴射ノズル61により多くの燃料が噴射された場合でも、プラズマ強度を増加させることによって、その燃料通路68中の高流量の燃料を効率良く帯電させることができる。

【0063】なお、本実施形態においては、上述の第1実施形態の効果に加え、燃料噴射ノズル61を変更するのみで済むため、従来のディーゼルエンジンに大幅な変更を加える必要がない。すなわち、燃料噴射ノズル61内の燃料通路68にプラズマを発生させる放電電極71を組み込むため、燃焼室自体の構造に何ら変更を加えることなく、従来のディーゼルエンジンに容易に改良を施すことができる。

【0064】なお、本発明は次に示す別の実施形態に具体化することができる。

【0065】(1) 第1又は第2実施形態においては、燃焼室17又は副燃焼室54でのプラズマ発生機構として、放電電極の陰極21(又は51)に高電圧を印加しコロナ放電を発生させているが、他の方法を採用してもよい。例えば、陰極から放電させた電子をメッシュ状の

陰極に通過させることで電子を加速させ、その電子ビームを取り出す方法によってもプラズマを発生させることができる。

【0066】(2) 第3実施形態においては、燃料通路68でのプラズマ発生機構として、離間して配置された一対の放電電極71に高周波電圧を印加して放電を発生させているが、他の方法を採用してもよい。例えば、図6に示すように、燃料通路68の管壁に放電コイル76を配置し、この放電コイル76に高周波電流を通電して、誘導起電力により燃料通路68内に放電を発生させる方法によってもプラズマを発生させることができる。

【0067】(3) 第3実施形態においては、燃料噴射ノズル61として直接噴射式エンジンに用いられるホール形が示されているが、異なる形式の燃料噴射ノズルであってもよい。例えば、渦流室式エンジンなどに用いられるピン形の燃料噴射ノズルであってもよい。このピン形の燃料噴射ノズルは、上述のホール形では孔径の小さな噴孔が1個又は複数個設けられるのに対し、孔径が比較的大きな1個の噴孔と、ニードル先端にその噴孔よりわずかに細い噴孔軸とが設けられており、この噴孔軸の形状により、ニードルのリフト量に応じて噴孔面積が変化する構造を備えている。このようなピン形の燃料噴射ノズルにおいても、噴孔に燃料を導くための燃料通路に同様にして一対の放電電極を配置し、あるいは放電コイルを管壁に配置し、これらに高周波電圧を印加しあるいは高周波電流を通電することにより、燃料通路で放電を発生させることができる。

【0068】(4) プラズマ制御装置26, 74は、アクセル開度Q及び燃料の送油圧P以外の検知手段により、燃料の噴射状態を検知してもよい。例えば、燃料噴射ポンプ31のガバナ37及びタイマ38の作動状態を検出することにより、燃焼室17へ噴射される燃料の噴射状態を検知してもよい。また、電子制御式の燃料噴射装置を備えるディーゼルエンジンの場合には、その制御信号を利用することができる。

【0069】(5) 本発明は、ターボチャージャーなどの過給機が組み込まれたディーゼルエンジンや、燃焼ガスの一部を排気通路から取り出して吸気通路へ戻すようにした、いわゆるEGRシステムが組み込まれたディーゼルエンジンにも適用可能である。

【0070】

【発明の効果】第1の発明によれば、直接噴射式ディーゼルエンジンの燃焼室において、噴射燃料を帯電しイオン化させることにより、その燃焼反応を促進させることができる。これにより、後燃え期間を短縮して、燃料の燃え残りに起因する排出ガス中の粒子状物質を低減できるとともに、燃焼の集中化によりエンジンの高出力化及び応答性の向上を図ることができる。

【0071】第2の発明によれば、副室式ディーゼルエンジンの副燃焼室において、噴射燃料を帯電しイオン化

させることにより、その燃焼反応を促進させることができる。これにより、後燃え期間を短縮して、燃料の燃え残りに起因する排出ガス中の粒子状物質を低減できるとともに、燃焼の集中化によりエンジンの高出力化及び応答性の向上を図ることができる。

【0072】第3の発明によれば、第1又は第2の発明の効果に加え、燃焼室又は副燃焼室にコロナ放電を発生させプラズマを生じさせることにより、噴射燃料を効果的に帯電しイオン化させることができる。

【0073】第4の発明によれば、燃料噴射ノズルの燃料通路において、噴射直前の燃料を帯電させることにより、噴射燃料のイオン化を促進しその燃焼反応を促進させることができる。これにより、後燃え期間を短縮して、燃料の燃え残りに起因する排出ガス中の粒子状物質を低減できるとともに、燃焼の集中化によりエンジンの高出力化及び応答性の向上を図ることができる。

【0074】第5の発明によれば、第4の発明の効果に加え、燃料通路に放電を発生させプラズマを生じさせることにより、噴射直前の燃料を効果的に帯電させることができる。

【0075】第6の発明によれば、第3又は第5の発明の効果に加え、燃焼室又は副燃焼室に噴射された、あるいは噴射直前の燃料に向けて放電することにより、的確に燃料を帯電しイオン化させることができる。

【0076】第7の発明によれば、第6の発明の効果に加え、燃焼室又は副燃焼室に噴射される燃料量に対応した強度の放電を発生させることにより、効率良く燃料を帯電しイオン化させることができる。

【0077】第8の発明によれば、第4の発明の効果に加え、燃料通路に放電を発生させプラズマを生じさせることにより、噴射直前の燃料を効果的に帯電させることができる。

【0078】第9の発明によれば、第8の発明の効果に加え、噴射直前の燃料に向けて放電することにより、的確に燃料を帯電しイオン化させることができる。

【0079】第10の発明によれば、第9の発明の効果に加え、噴射される燃料量に対応した強度の放電を発生させることにより、効率良く燃料を帯電しイオン化させ

ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を具体化した第1実施形態における直接噴射式ディーゼルエンジンの主要部を示す部分断面図である。

【図2】本発明を具体化した第1実施形態におけるディーゼルエンジンとその燃料噴射系及びプラズマ制御系を示す説明図である。

【図3】プラズマ制御処理ルーチンを説明するフローチャートである。

【図4】本発明を具体化した第2実施形態における副燃焼室（渦流室）式ディーゼルエンジンの主要部を示す部分断面図である。

【図5】本発明を具体化した第3実施形態におけるディーゼルエンジンの燃料噴射ノズルを示す部分断面図である。

【図6】本発明を具体化した別の実施形態におけるディーゼルエンジンの燃料噴射ノズルを示す部分断面図である。

【図7】ディーゼルエンジンの燃料噴射及び燃焼の状態を表わすグラフである。

【符号の説明】

11, 41 (ディーゼル) エンジン

12, 42 シリンダ

15, 45 ピストン

17 燃焼室

20, 50, 61 燃料噴射ノズル

21, 51 放電電極（陰極）

22, 52 放電電極（陽極）

30 24 第1プラズマ発生装置

47 主燃焼室

54 渦流室（副燃焼室）

55 連絡通路

65 噴孔

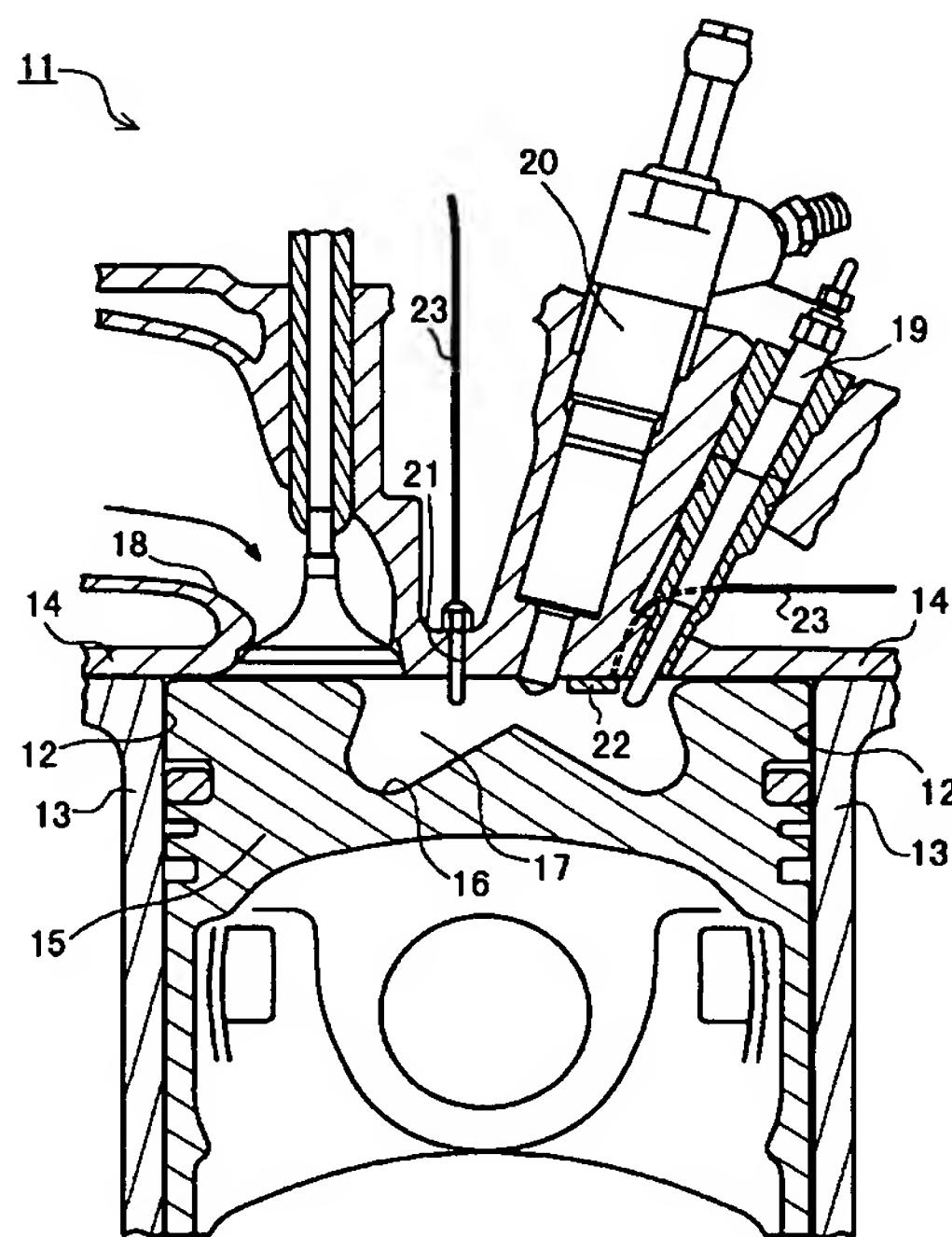
68 燃料通路

71 放電電極

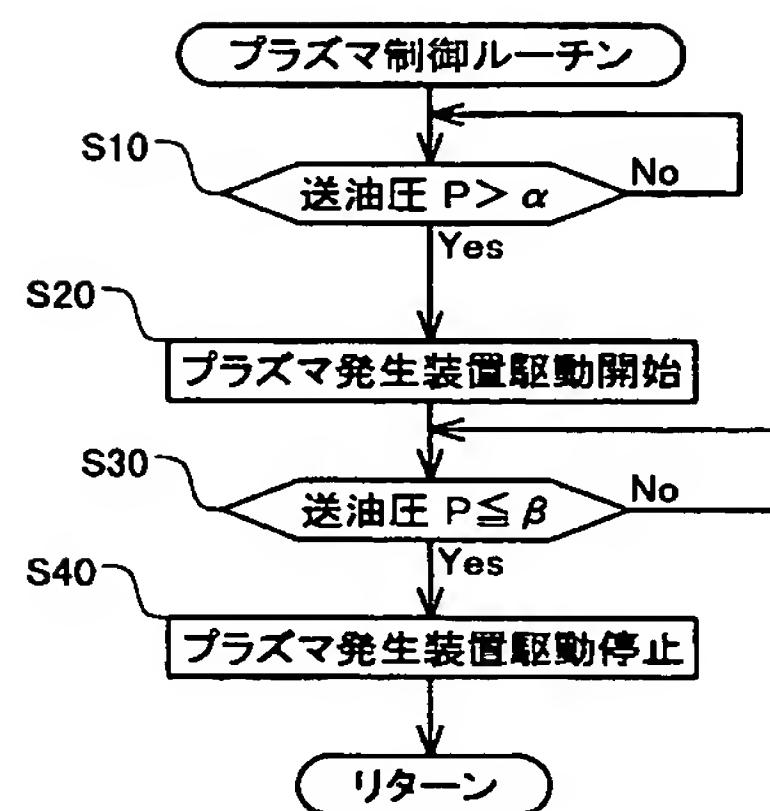
72 第2プラズマ発生装置

76 放電コイル

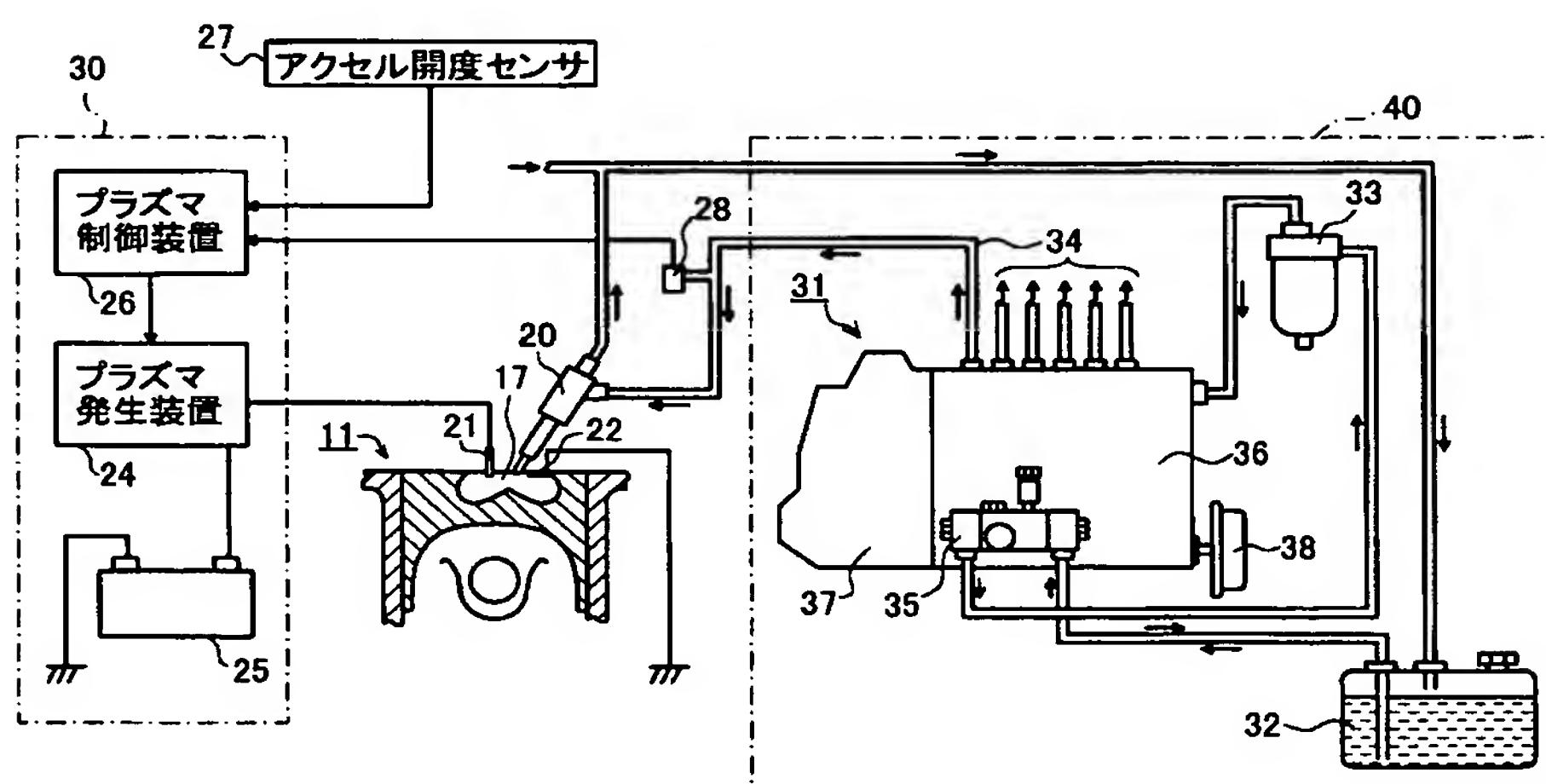
【図1】



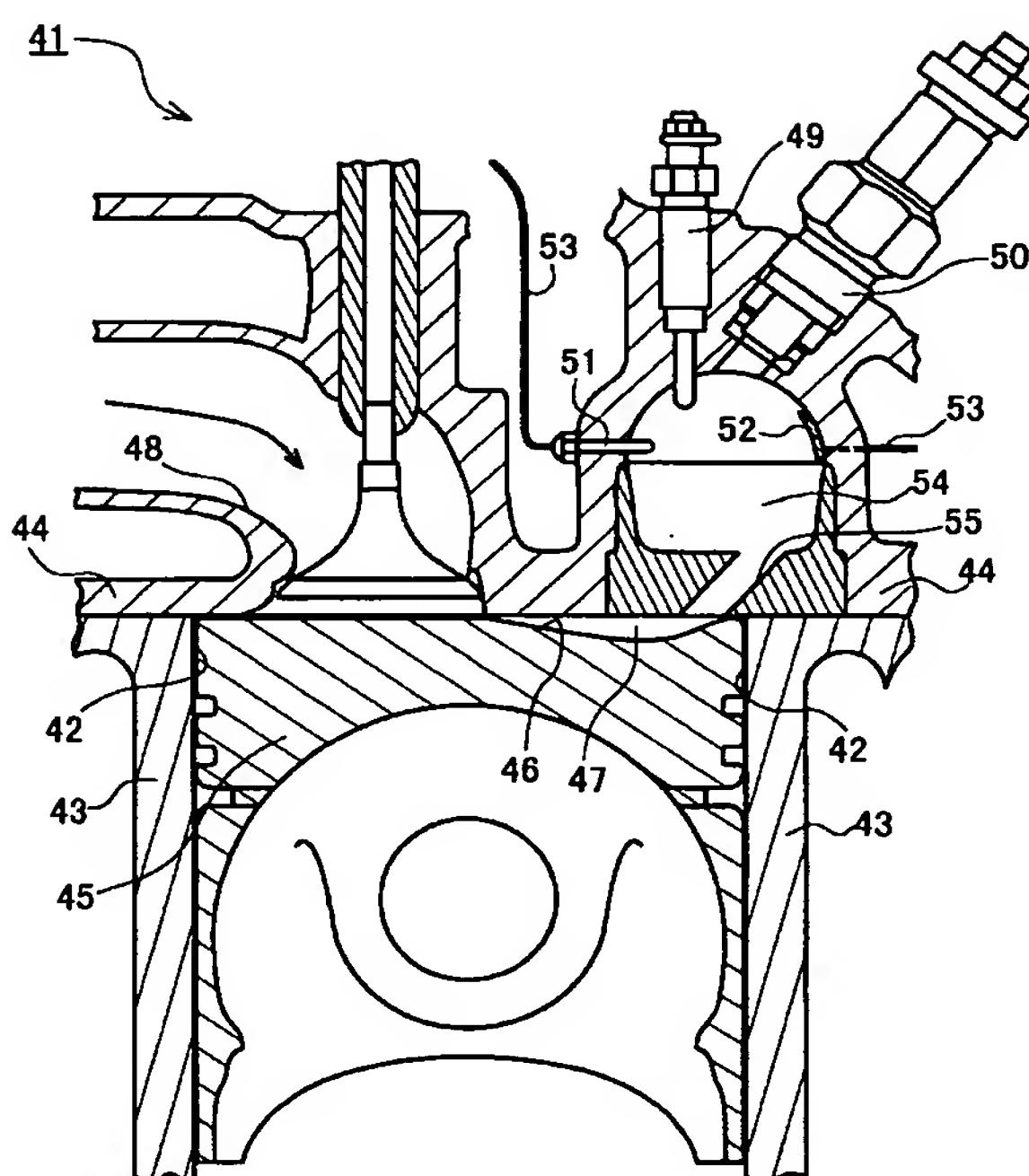
【图3】



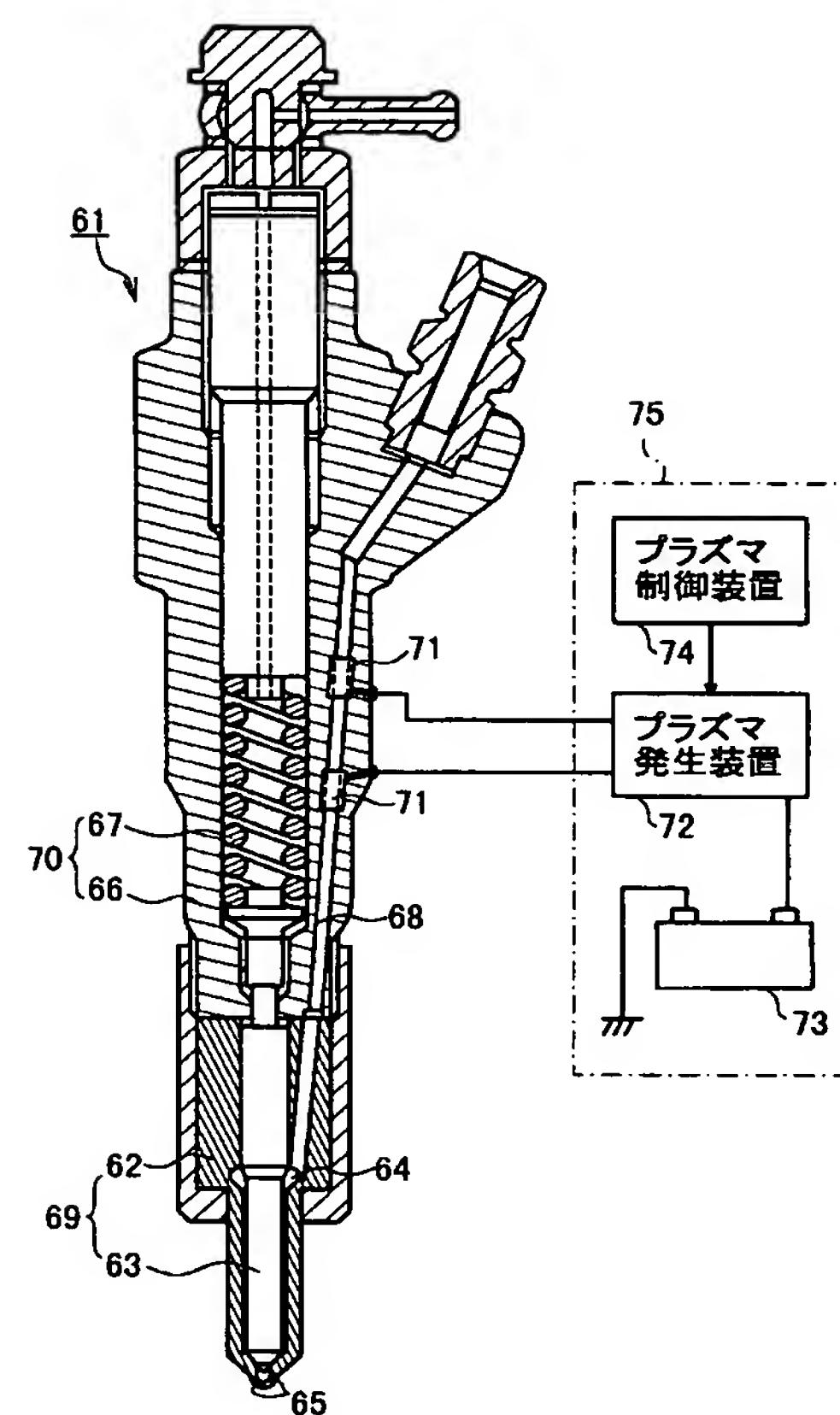
[图 2]



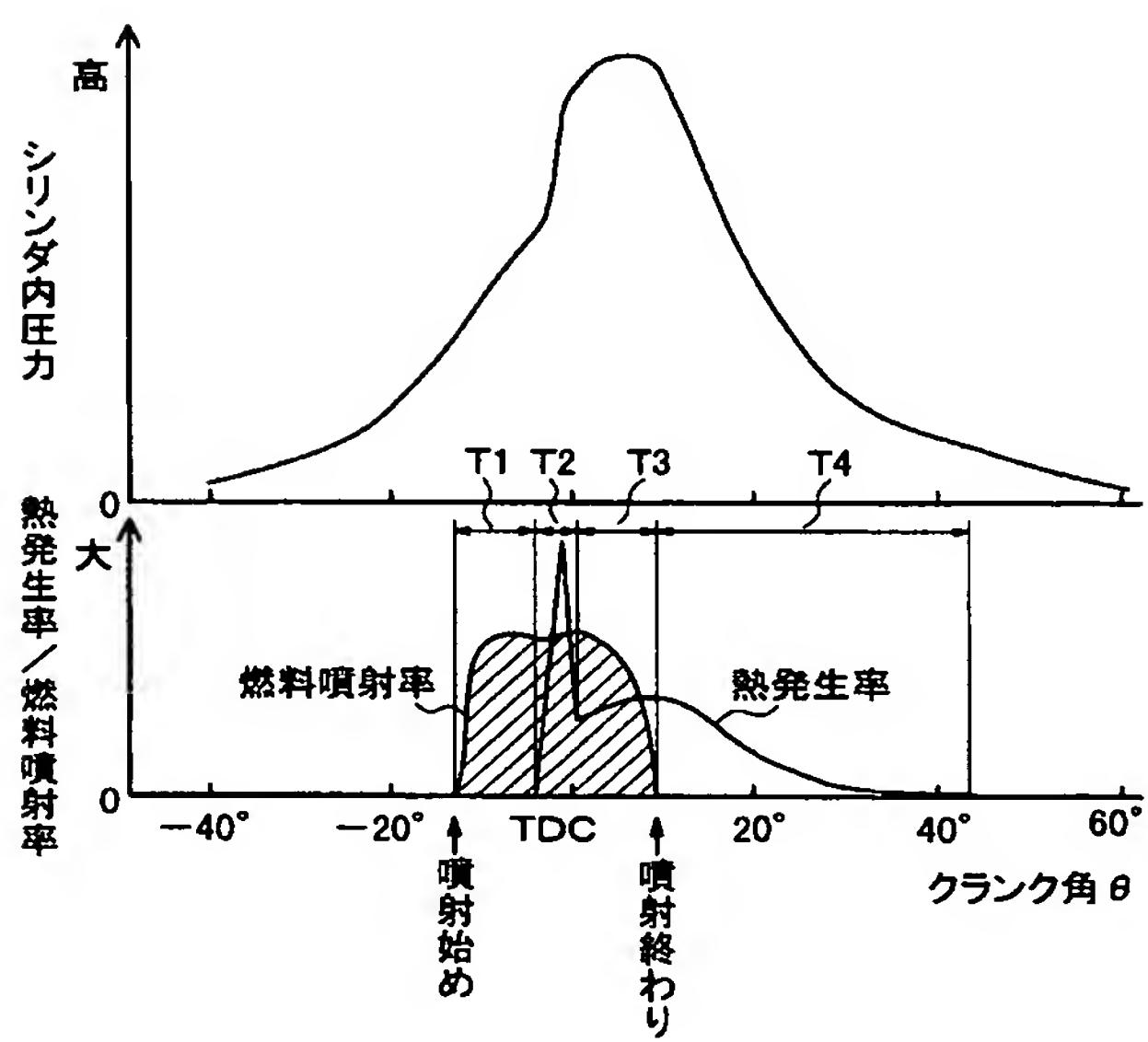
【図4】



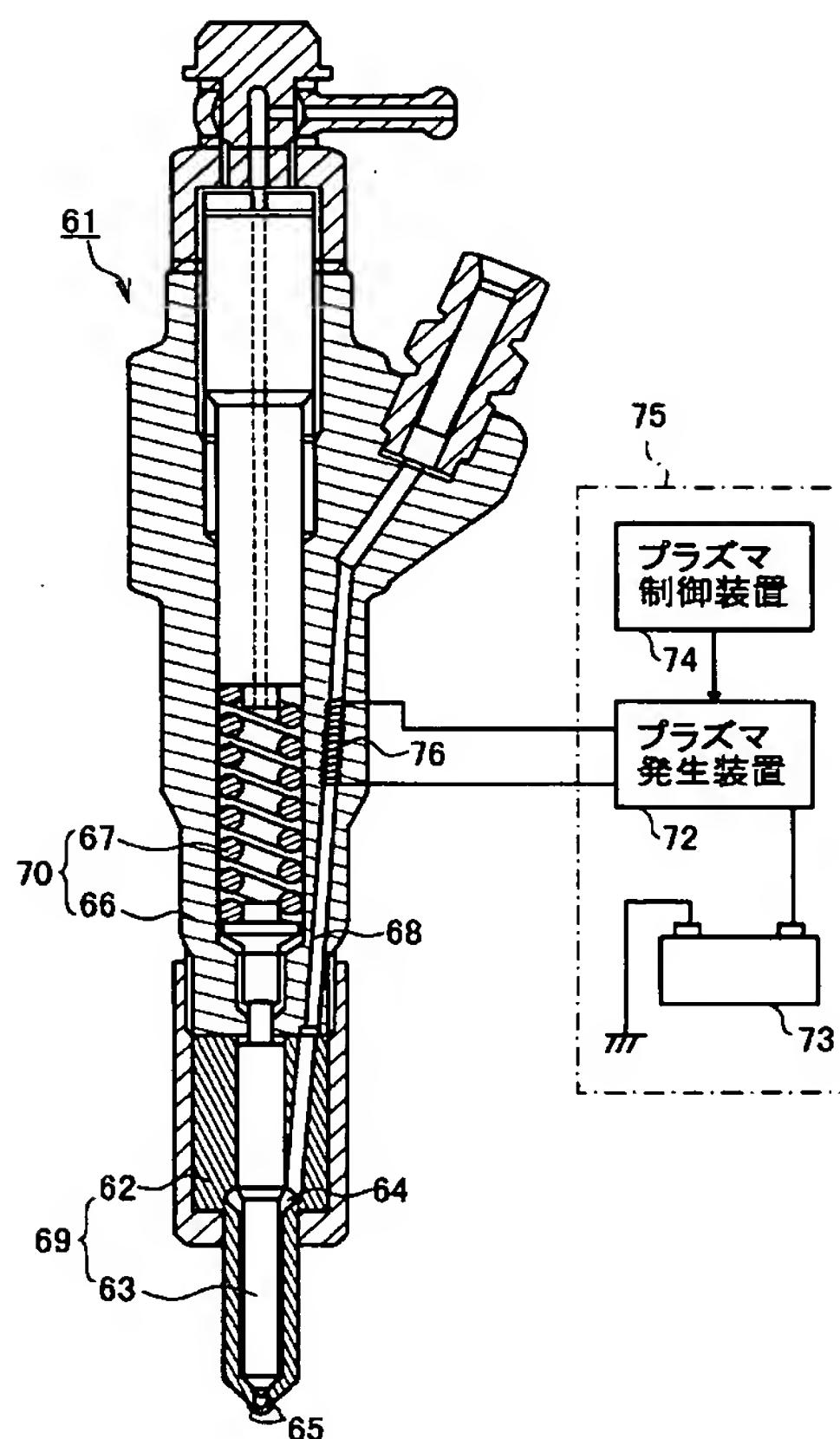
【図5】



【図7】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト <sup>8</sup> (参考)
F 02 M 27/04		F 02 M 27/04	B
51/06		51/06	V
61/16		61/16	Z
F 02 P 23/04		F 02 P 23/04	Z